



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIO**

**FREDERICO TEODORO DA SILVA**

**Desempenho das exportações goianas do Complexo Soja para os  
principais parceiros comerciais: uma aplicação do modelo  
gravitacional**

**GOIÂNIA**

**2023**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese

#### 2. Nome completo do autor

Frederico Teodoro da Silva

#### 3. Título do trabalho

DESEMPENHO DAS EXPORTAÇÕES GOIANAS DO COMPLEXO SOJA PARA OS PRINCIPAIS PARCEIROS COMERCIAIS: UMA APLICAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Cleyzer Adrian Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 27/02/2023, às 10:39, 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 **Frederico Teodoro Da Silva, Discente**, em 24/03/2023, às 10:12, 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 site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3534537** e o código CRC **178EE73C**.

**FREDERICO TEODORO DA SILVA**

**Desempenho das exportações goianas do Complexo Soja para os  
principais parceiros comerciais: uma aplicação do modelo  
gravitacional**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Mestre Agronegócio.

Área de concentração do programa:  
Sustentabilidade e Competitividade dos Sistemas Agroindustriais.

Linha de pesquisa: Competitividade e Gestão do Agronegócio.

Orientador: Professor Doutor Cleyzer Adrian da Cunha

**GOIÂNIA**

**2023**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Silva, Frederico Teodoro da

Desempenho das exportações goianas do Complexo Soja para os principais parceiros comerciais [manuscrito] : uma aplicação do modelo gravitacional / Frederico Teodoro da Silva. - 2023.

LI, 51 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Cleyzer Adrian da Cunha.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronegócio, Goiânia, 2023.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Agronegócio. 2. Produção de Soja. 3. Dependência das Exportações. 4. Competitividade Internacional. 5. China Importadora. I. Cunha, Cleyzer Adrian da, orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº **2/2023** da sessão de Defesa de Dissertação de **Frederico Teodoro da Silva**, que confere o título de Mestre em **Agronegócio**, na área de concentração em **Sustentabilidade e Competitividade dos Sistemas Agroindustriais**.

Aos vinte e sete dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e três, a partir das 08h, na sala 13 do PPGAGRO, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “DESEMPENHO DAS EXPORTAÇÕES GOIANAS DO COMPLEXO SOJA PARA OS PRINCIPAIS PARCEIROS COMERCIAIS: UMA APLICAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Cleyzer Adrian da Cunha (FACE/UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Alcido Elenor Wander (EMBRAPA), membro titular interno; e Professora Doutora Adriana Ferreira Silva (FACE/UFG), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato aprovado pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Cleyzer Adrian da Cunha, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e sete dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e três.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Alcido Elenor Wander, Usuário Externo**, em 27/02/2023, às 10:14, 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 **Cleyzer Adrian Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 27/02/2023, às 10:39, 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 **Adriana Ferreira Silva, Professor do Magistério Superior**, em 27/02/2023, às 14:24, 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 site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3534536** e o código CRC **DFB73097**.

## **DEDICATÓRIA**

À minha mãe, cujo amor e dedicação nunca morrerão e ao meu irmão Mateus Gandara, cuja risada e alegria ainda ecoam em minha memória. Este trabalho é dedicado a eles, como uma homenagem a suas vidas e um sinal da minha gratidão eterna

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço sinceramente ao meu orientador Professor Cleyzer Adrian da Cunha pelo apoio incansável, confiança e conhecimento repassado durante o trabalho. Sua paciência e atenção foram fundamentais para o sucesso desta dissertação. Muito obrigado!

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio (PPGAgro) por compartilharem seus conhecimentos conosco e por todo o incentivo durante o curso. Obrigado por todos os momentos que passamos juntos.

Gostaria de agradecer especialmente à Lindinalva, secretária do PPGAgro, por sua paciência, disponibilidade e apoio incansável ao longo do curso. Seu incentivo foi fundamental para o meu sucesso.

Quero agradecer também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) por conceder a bolsa durante todo o período de pesquisa.

À Universidade Federal de Goiás – UFG – pela oportunidade de realizar o Curso de pós-graduação em Agronegócio e a todos os funcionários e colaboradores da instituição que são fundamentais para o funcionamento e manutenção desta.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos os meus amigos e familiares por seu constante apoio e incentivo. Vocês foram meus companheiros de jornada e isso é algo que eu nunca vou esquecer.

## RESUMO

Esse estudo teve como objetivo analisar o desempenho das exportações goianas do Complexo Soja para os principais países importadores - China, Países Baixos, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha e Irã – por meio do Modelo Gravitacional. O período escolhido foi de 2003 a 2019 e os destinos foram selecionados por terem informações estatísticas completas e por representarem cerca de 88% do Complexo Soja exportado pelo Estado de Goiás. O Modelo Gravitacional foi estimado nos formatos *Pooled*, Efeito Fixo e Efeito Aleatório, sendo as rotinas realizadas no *software R-4.1.2*, levando em consideração o PIB de Goiás, o PIB do país importador, distância entre as capitais, o preço da soja e uma variável binária que capta se a China tem uma força maior nas exportações. De acordo com os resultados dos três modelos, a elasticidade da exportação do Complexo Soja em relação ao PIB de Goiás é de aproximadamente 1,1% no modelo *Pooled* e 0,64% no modelo com Efeitos Aleatórios. Já a elasticidade da exportação do Complexo Soja em relação ao PIB do país importador é de 1,81% em ambos o modelo de Efeito Fixo e o modelo com Efeitos Aleatórios. A distância entre as capitais também foi um fator significativo nas exportações do Complexo Soja goiano. Além disso, os resultados apontaram que a China teve uma influência significativamente maior nas exportações goianas de Complexo Soja em relação aos demais países importadores. Portanto, o estudo concluiu que é vital ressaltar a forte dependência das exportações do Complexo Soja de Goiás na China, e a necessidade de ampliar a diversificação dos destinos dessas exportações, a fim de torná-las mais variadas e menos vulneráveis a eventos econômicos e políticos restritos a um único país.

Palavras-chave: Agronegócio; Produção de Soja; Dependência das Exportações; China Importadora; Competitividade Internacional.

## ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the performance of soy complex exports from the state of Goiás to the main importing countries - China, Netherlands, Thailand, France, South Korea, Spain, Germany and Iran - through the Gravity Model. The chosen period was from 2003 to 2019 and the destinations were selected because they had complete statistical information and because they represented approximately 88% of the Soy Complex exported by the state of Goiás. The Gravity Model was estimated in the formats Pooled, Fixed Effect and Random Effect, being the routines carried out in the R-4.1.2 software, taking into account the GDP of Goiás, the GDP of the importing country, the distance between the capitals, the price of soybeans and a binary variable that captures if China has a greater force in exports. According to the results of the three models, the export elasticity of the Soy Complex in relation to the GDP of Goiás is approximately 1.1% in the Pooled model, 0.64% in the Random Effect model. On the other hand, the export elasticity of the Soy Complex in relation to the GDP of the importing country is 1.81% in both the Fixed Effect model and the Random Effect model. The distance between the capitals was also a significant factor in the exports of the soy complex from Goiás. Furthermore, the results showed that China had a significantly greater influence on the soy complex exports from Goiás compared to the other importing countries. Therefore, the study concluded that it is vital to emphasize the strong dependence of Soy Complex exports from Goiás on China and the need to expand the diversification of these export destinations, in order to make them more diverse and less vulnerable to economic and political events restricted to a single country.

Keywords: Agribusiness; Soybean Production; Export Dependence; China Importer; International Competitiveness.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Tabela 01 - Produção de soja Mundial, Brasileira e Goiana em toneladas de 2003 a 2019.....	11
Tabela 02 – Evolução da cultura e exportação da soja em Goiás: 2003 a 2019 .....	12
Tabela 03 – Exportações do Complexo soja, Brasil e Goiás: 2003 a 2019 .....	13
Tabela 04 – Estatísticas descritivas dos dados utilizados no estudo .....	30
Tabela 05 – Testes LLC de raiz unitária .....	32
Tabela 06 – Testes para escolha do modelo mais adequado .....	32
Tabela 07 – Resultados das regressões do Modelo Gravitacional .....	33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Fundamentos teóricos e principais conceitos no âmbito da utilização do modelo gravitacional .....	19
Quadro 02 – Classificação NCM e SH do Complexo Soja .....	28
Quadro 03 – Descrição das Variáveis utilizadas no Modelo Gravitacional .....	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Participação conjunta dos países das exportações de soja do complexo goiano.....	14
Figura 02 – Participação de cada país nas exportações goianas do Complexo Soja .....	15

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPII – *Centre d’Etudes Prospectives et d’Informations Internationales*

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CPAC – Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado

EA – Efeito Aleatório

ECS – Elasticidade Constantes de Substituição

EF – Efeito Fixo

EMGOPA – Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária

EUA – Estados Unidos da América

H-O – *Heckscher-Ohlin*

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MG – Modelo Gravitacional

MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

NCM – Nomenclatura Comum do Mercosul

PIB – Produto Interno Bruto

PPML - *Poisson Pseudo-Maximum-Likelihood*

SH-2 – Sistema Harmonizado de Dois Dígitos

USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	07
1.1 Problema e justificativa .....	08
1.2 Objetivo Geral e Objetivos Específicos .....	08
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
2.1 Produção e exportação do Complexo Soja .....	10
2.2 Participação dos países estudados nas exportações do Complexo Soja goiano .....	14
2.3 Modelo Gravitacional .....	16
2.4 Aplicação do modelo gravitacional na literatura recente em economia .....	20
3 METODOLOGIA .....	24
3.1 Modelos Econométricos .....	26
3.2 Dados .....	27
4 RESULTADOS .....	30
4.1 Análise Descritiva .....	30
4.2 Análise dos testes realizados .....	31
4.3 Modelos estimados .....	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	37
6 REFERÊNCIAS .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

As exportações do agronegócio são de suma importância para a economia brasileira, bem como para o estado de Goiás. O setor da soja tem desempenhado um papel fundamental na economia brasileira e goiana. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021), a exportação do Complexo Soja (soja em grãos, óleo de soja e farelo de soja) do Brasil teve um crescimento significativo entre 2003 e 2019, aumentando de 36 milhões de toneladas para 96,7 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 169,2%. Em Goiás, as exportações também tiveram um aumento significativo, passando de 3,095 milhões de toneladas para 6,969 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 125,7%.

O crescimento das exportações de Complexo Soja no Brasil e em Goiás é resultado do aumento da produção e da demanda internacional. Além disso, a produção mundial de soja teve uma tendência de crescimento de 36% entre 2003 e 2019, com a produção brasileira e goiana crescendo 128% e 92%, respectivamente. O Brasil tem uma participação crescente na produção mundial de soja, enquanto Goiás tem uma participação expressiva na produção brasileira.

A cultura da soja em Goiás apresentou uma notável evolução nos últimos anos. De 2003 a 2019, a área plantada aumentou de 2,17 milhões de hectares para 3,47 milhões de hectares, enquanto a produtividade da cultura passou de 2.930 kg/ha para 3.480 kg/ha. Essa melhoria contribuiu para um aumento significativo na produção de soja, que passou de 6,35 milhões de toneladas para 12,09 milhões de toneladas no mesmo período. As exportações também aumentaram consideravelmente, passando de 3,09 milhões de toneladas para 6,96 milhões de toneladas.

Diante do crescimento das exportações do Complexo Soja pelo Estado de Goiás, faz-se necessário analisar esse setor destacando o que o afeta, visto que o fluxo comercial entre países é afetado por diversos fatores. Além disso, conhecendo os determinantes que afetam o mercado de Complexo Soja goiano, poderão ser elaboradas ações mais eficientes que venham a fortalecer e melhorar a competitividade desse setor, no mercado internacional, possibilitando, diante disso, aumento das exportações deste segmento e maiores oportunidades de inserção comercial.

O objetivo desta dissertação é analisar o desempenho das exportações goianas do Complexo Soja para os principais países importadores – China, Países Baixos, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha e Irã – por meio do Modelo Gravitacional. O

período escolhido foi de 2003 a 2019 e os destinos foram selecionados por terem informações estatísticas completas e por representarem cerca de 88% do Complexo Soja exportado pelo Estado de Goiás. Para tanto, o Modelo Gravitacional (MG) foi estimado considerando as seguintes variáveis: O Produto Interno Bruto (PIB) de Goiás, o PIB do país importador, a distância entre a capital goiana e a capital do país importador, o preço da soja e uma variável binária que capta se a China tem uma força maior no destino das exportações do Complexo Soja goiano que os demais países presentes no estudo.

## **1.1 Problema e justificativa**

Como o desempenho das exportações goianas do Complexo Soja para os principais países importadores: China, Países Baixos, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha e Irã, foi influenciado pelos determinantes comerciais durante o período de 2003 a 2019, e como esse desempenho pode ser analisado por meio do Modelo Gravitacional?

Com a globalização do mercado internacional e um relacionamento comercial cada vez mais próximo entre as nações, entender os fatores que influenciam essas relações é cada dia mais necessário, detectar as características dos parceiros comerciais e como afetam as exportações e, ainda, avaliar o impacto de variáveis econômicas, locais e regionais no desempenho das exportações goianas do Complexo Soja para seus principais parceiros comerciais.

A soja tem ganhado destaque no agronegócio brasileiro e goiano. Nos últimos anos, o Brasil consolidou-se como o maior produtor de soja do mundo e Goiás vem acompanhando esse ritmo, tornando-se atualmente o quarto maior produtor do país. Com sua presença crescente na balança comercial goiana, é fundamental compreender o dinamismo das exportações do Complexo Soja, a fim de destacar os fatores que influenciam o montante exportável da região e os seus principais destinos de importação.

Apesar da importância crescente da soja no agronegócio brasileiro e goiano, ainda não foram realizados estudos específicos sobre os determinantes das exportações de soja em Goiás. Por isso, este trabalho procura preencher essa lacuna e fornecer uma compreensão mais aprofundada do dinamismo das exportações do Complexo Soja goiano.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Geral**

Analisar o desempenho das exportações goianas do Complexo Soja para os principais países importadores: China, Países Baixos, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha e Irã por meio do Modelo Gravitacional.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- a) Analisar o desempenho das exportações de soja goiana no período escolhido;
- b) Analisar como as exportações de soja do Estado de Goiás para com seus principais países importadores são influenciadas pelas variáveis do Modelo Gravitacional, tais como: proximidade geográfica dos países e seus níveis de renda absoluta.

O presente trabalho encontra-se estruturado em 5 seções a primeira sendo a Introdução, a segunda seção é o referencial teórico, onde serão apresentados os dados sobre a produção e exportação do Complexo Soja goiano e ainda um breve histórico sobre o Modelo Gravitacional e suas aplicações em trabalhos anteriores. A terceira seção é a Metodologia descrevendo-se o método que será utilizado para analisar o desempenho das exportações goianas do Complexo Soja. Na quarta seção serão apresentados os modelos estimados, principais resultados e testes efetuados nos mesmos. Por fim, na quinta seção, apresentam-se as conclusões encontradas neste estudo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Produção e exportação do Complexo Soja**

As exportações de soja têm sido uma importante fonte de divisas e crescimento econômico para o Brasil e para Goiás ao longo dos anos. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021), as exportações do Complexo Soja (soja em grãos, óleo de soja e farelo de soja) do Brasil cresceram significativamente entre 2003 e 2019, passando de aproximadamente 36 Milhões de toneladas em 2003 para cerca de 96,7 Milhões de toneladas em 2019. Enquanto em Goiás as exportações foram de 3,095 Milhões de toneladas em 2003 para 6,969 Milhões de toneladas em 2019.

O crescimento expressivo nas exportações de Complexo Soja no Brasil e em Goiás, que foi observado de 2003 a 2019, é resultado da combinação do aumento da produção desses produtos e da crescente demanda internacional por eles. Essa ampliação na produção e na demanda contribuiu para o aumento significativo nas exportações do Complexo Soja no período, refletindo a importância econômica desses produtos para o país e para a região de Goiás.

A Tabela 01 exhibe a evolução da produção de soja a nível mundial, bem como a produção brasileira e goiana, nos anos compreendidos entre 2003 e 2019. Estes dados foram obtidos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). É evidente que o Brasil tem se destacado como um dos principais produtores mundiais de soja, enquanto Goiás vem contribuindo de maneira significativa para a produção nacional.

Tabela 01 - Produção de soja Mundial, Brasileira e Goiana em toneladas de 2003 a 2019.

Ano	Produção Mundial (t)	Produção Brasileira (t)	Produção Goiana (t)
2003	153.020.000	52.017.500	6.359.600
2004	159.000.000	49.792.700	6.147.100
2005	183.400.000	52.304.600	6.985.100
2006	196.200.000	55.027.100	6.533.500
2007	210.400.000	58.391.800	6.114.000
2008	211.640.000	60.017.700	6.543.500
2009	261.090.000	57.165.500	6.836.200
2010	264.200.000	68.688.200	7.342.600
2011	239.600.000	75.324.300	8.181.600
2012	268.000.000	66.383.000	8.251.500
2013	285.300.000	81.499.400	8.562.900
2014	319.000.000	86.172.794	8.994.930
2015	313.300.000	97.093.961	8.625.050
2016	351.300.000	95.697.605	10.249.512
2017	348.900.000	115.026.672	11.110.837
2018	339.500.000	123.258.561	12.222.600
2019	362.900.000	119.718.100	12.097.900

Fonte: USDA (2021); CONAB (2021)

A partir dos dados da Tabela 1, é possível observar uma tendência de crescimento da produção mundial de soja, com um aumento de 36% entre 2003 e 2019. A produção brasileira também cresceu significativamente neste período, aumentando em cerca de 128%. A produção goiana, por sua vez, cresceu em cerca de 92% entre 2003 e 2019. O Brasil tem uma participação crescente na produção mundial de soja, enquanto Goiás tem uma participação expressiva, na produção brasileira de soja. A produção mundial, brasileira e goiana de soja tem crescido ao longo dos anos, apresentando uma tendência positiva de crescimento (USDA, 2021).

Segundo Hasse (1996) a produção de soja em Goiás foi impulsionada pelos programas de desenvolvimento agrícola do governo federal nos anos 1970, por meio de doações de terras, incentivos fiscais e preços mínimos estimulantes. Houve também um grande interesse da indústria de óleo e demanda do mercado externo principalmente por farelo de soja. Além dos incentivos governamentais, as pesquisas geradas e adaptadas ao estado de Goiás através de variados organismos criados para esse intuito, como a Embrapa e suas unidades – O Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (CPAC) e a EMGOPA – Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária, proporcionaram um aumento da qualidade e quantidade da produção da soja

goiana tornando-a cada vez mais importante para o agronegócio de Goiás (ARANTES, 2001; SANTOS, 1998).

A produção de soja em Goiás tem se destacado como um dos principais setores agrícolas do estado e do país. A expansão da produção de soja em Goiás é resultado do aumento da área plantada e da melhoria na produtividade ao longo dos anos. A Tabela 02 mostra a evolução da produção de soja em Goiás, incluindo informações sobre a área plantada, a produtividade e as exportações, de 2003 a 2019. Esses dados foram coletados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021).

Tabela 02 – Evolução da cultura e exportação da soja em Goiás: 2003 a 2019

Ano	Área Plantada (ha)	Produtividade (kg/ha)	Produção (t)	Exportação (t)
2003	2.170.500	2.930	6.359.600	3.095.762
2004	2.572.000	2.390	6.147.100	3.056.267
2005	2.662.000	2.624	6.985.100	4.489.406
2006	2.542.200	2.570	6.533.500	3.886.280
2007	2.191.400	2.790	6.114.000	3.215.900
2008	2.179.700	3.002	6.543.500	3.802.112
2009	2.307.200	2.963	6.836.200	3.831.745
2010	2.549.500	2.880	7.342.600	3.828.174
2011	2.605.600	3.140	8.181.600	3.787.521
2012	2.644.700	3.120	8.251.500	4.460.492
2013	2.888.000	2.965	8.562.900	4.486.906
2014	3.101.700	2.900	8.994.930	4.538.590
2015	3.325.000	2.594	8.625.050	4.633.011
2016	3.285.100	3.120	10.249.512	5.251.693
2017	3.278.500	3.389	11.110.837	7.037.029
2018	3.386.700	3.609	12.222.600	8.569.682
2019	3.476.400	3.480	12.097.900	6.969.060

Fonte: CONAB (2021); Comexstat (2021)

A Tabela 02 apresenta a evolução da cultura da soja em Goiás entre os anos de 2003 e 2019. É possível observar que a área plantada de soja foi crescendo ao longo dos anos, passando de 2,17 milhões de hectares em 2003 para 3,47 milhões de hectares em 2019. Concomitantemente, houve um aumento na produtividade da cultura, que passou de 2.930 kg/ha em 2003 para 3.480 kg/ha em 2019. Esses fatores levaram a uma elevação na produção

de soja, que passou de 6,35 milhões de toneladas em 2003 para 12,09 milhões de toneladas em 2019. Além disso, as exportações também cresceram, passando de 3,09 milhões de toneladas em 2003 para 6,96 milhões de toneladas em 2019. A evolução da cultura da soja em Goiás tem sido notável, evidenciada pelo crescimento da área plantada, aumento da produtividade, expansão da produção e elevação nas exportações.

A Tabela 3 apresenta as exportações do Complexo Soja, composto por soja em grãos, óleo de soja e farelo de soja, no Brasil e em Goiás, de 2003 a 2019. Ela mostra o volume de exportações em toneladas para ambas as regiões durante o período de 17 anos.

Tabela 03 – Exportações do Complexo Soja, Brasil e Goiás: 2003 a 2019

Ano	Exportações Brasil (t)	Exportações Goiás (t)
2003	35.979.000	3.095.762
2004	36.251.000	3.056.268
2005	39.381.000	4.489.406
2006	39.623.000	3.886.281
2007	38.481.000	3.215.901
2008	39.095.000	3.802.112
2009	42.405.000	3.831.745
2010	44.303.000	3.828.174
2011	49.052.000	3.787.522
2012	48.503.000	4.460.492
2013	57.488.000	4.486.906
2014	60.713.000	4.538.591
2015	70.821.000	4.633.011
2016	67.663.000	5.251.693
2017	83.675.000	7.037.029
2018	101.343.000	8.569.682
2019	96.718.000	6.969.061

Fonte: USDA (2021); Comexstat (2021)

É possível observar na Tabela 3 que houve um aumento significativo nas exportações do Complexo Soja durante o período de 2003 a 2019. O Brasil aumentou suas exportações de 35,979 Milhões de toneladas em 2003 para 96,718 Milhões de toneladas em 2019, o que representa um aumento de 169,2%. Já Goiás aumentou suas exportações de 3,095 Milhões de

toneladas em 2003 para 6,969 Milhões de toneladas em 2019, o que representa um aumento de 125,7%. A média de participação de Goiás na exportação brasileira do Complexo Soja durante esse período foi de aproximadamente 8,1%. O crescimento ponderado das exportações de Complexo Soja no Brasil durante o período de 2003 a 2019 foi de 7,3% ao ano. Já em Goiás, o crescimento ponderado foi de 3,5% ao ano.

Estes dados apontam para uma tendência de crescimento consistente e constante das exportações de Complexo Soja no Brasil e em Goiás, em média, ao longo dos anos. A média anual de crescimento ponderado de 7,3% no Brasil indica um aumento significativo nas exportações desse setor, o que demonstra a importância da soja para a economia do país. Já o crescimento ponderado de 3,5% em Goiás, embora menor, ainda assim sugere um crescimento considerável das exportações de Complexo Soja na região. Em média, durante o período, as exportações de Complexo Soja tanto no Brasil quanto em Goiás apresentaram uma tendência positiva de crescimento. Tais informações são importantes para compreender o crescimento da indústria de soja no Brasil e em Goiás, e seu papel como uma importante fonte de renda para o país.

## 2.2 Participação dos países estudados nas exportações do Complexo Soja goiano

Os países utilizados neste estudo foram: China, Países Baixos, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha e Irã. A Figura 1 traz as participações do conjunto de países estudados no total exportado por Goiás em cada ano do período de 2003 a 2019.

Figura 1 - Participação conjunta dos países das exportações de soja do complexo goiano



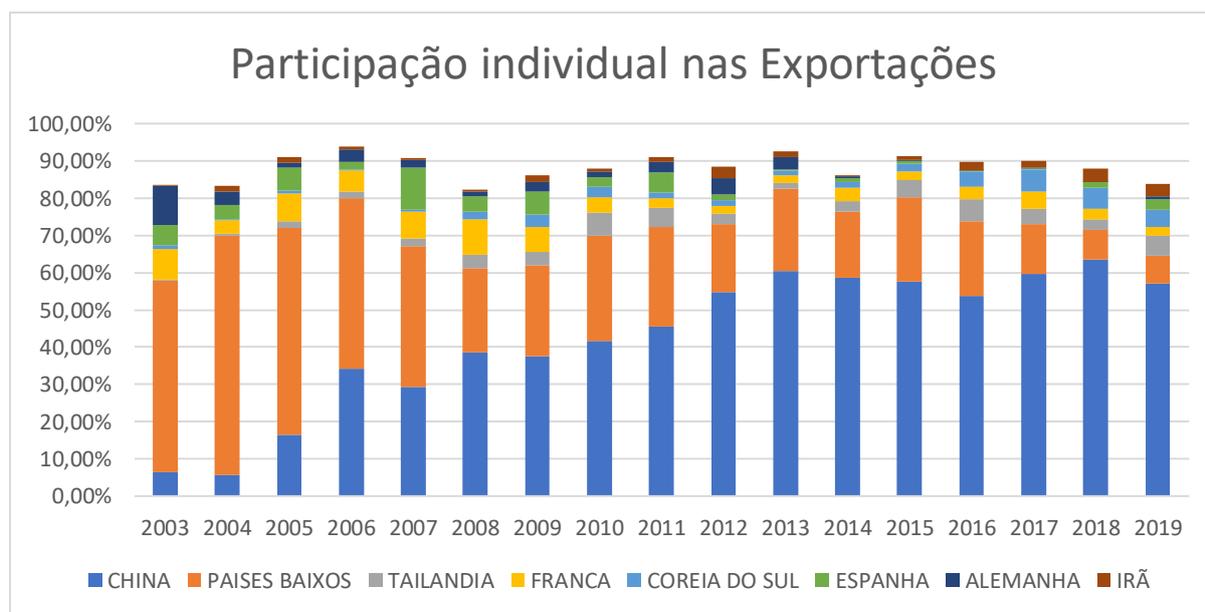
Fonte: Elaborado pelo autor, dados Comexstat (2022).

A Figura 1 ilustra a participação dos países estudados (China, Países Baixos, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha e Irã) nas exportações do Complexo Soja de Goiás,

que inclui soja em grãos, óleo de soja e farelo de soja. De acordo com os dados apresentados, esses países foram responsáveis, em média, por 88% das exportações de Complexo Soja de Goiás. Em alguns anos, a participação dos países estudados foi ainda mais expressiva, com valores de 91% a 93% (2005, 2006, 2013 e 2015), enquanto em 2008 houve uma queda para 82%. Embora houvesse variações ao longo do período, a participação dos países estudados nas exportações de Complexo Soja de Goiás foi geralmente estável. Os dados mostram que esses países são os principais destinos do Complexo Soja produzido em Goiás.

A Figura 2 apresenta a participação individual dos países estudados (Países Baixos, China, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha e Irã) nas exportações do Complexo Soja de Goiás durante o período de 2003 a 2019. É possível observar um domínio dos Países Baixos e da China nas participações das exportações.

Figura 02 – Participação de cada país nas exportações goianas do Complexo Soja



Fonte: Elaborado pelo autor, dados Comexstat (2022)

De acordo com Figura 2, podemos ver que Países Baixos e China foram os principais destinos das exportações do Complexo Soja goiano. No início do período, em 2003, Países Baixos representavam 51,25% das exportações, enquanto a China respondia por apenas 6,51%. A evolução das exportações para a China foi muito expressiva, tendo aumentado sua participação de forma constante ao longo dos anos. Em 2008, a participação da China já havia ultrapassado a dos Países Baixos, e a tendência de crescimento continuou ao longo dos anos, em 2019, a China respondia por 57,03% das exportações.

Já a evolução das exportações para Países Baixos foi bastante diferente, com uma diminuição constante ao longo do tempo. Em 2007, a participação dos Países Baixos já havia caído para 37,74%, e a tendência de queda continuou ao longo dos anos, chegando a 7,46% em 2019. Representando uma redução nas exportações para a União Europeia como um todo já que os Países Baixos são conhecidos por serem um importante ponto de entrada das commodities, incluindo grãos, na União Europeia. Isso se deve ao seu amplo sistema portuário, incluindo o Porto de Roterdã, que é o maior porto da Europa e um dos maiores do mundo. Além disso, a localização geográfica estratégica dos Países Baixos permite que ele atue como um ponto de transbordo para muitas mercadorias destinadas a outros países da União Europeia.

### 2.3 Modelo Gravitacional

A utilização do Modelo Gravitacional (MG) para estudar a mobilidade do trabalho entre regiões dos EUA ganhou importância com o trabalho de Isard (1960). Ele descobriu uma relação direta entre força e massa e inversa entre força e distância em fenômenos sociais, como migração de população, fluxo de bens, dinheiro e informação, e afirmou que estes podem ser descritos pelo MG.

A origem dos modelos gravitacionais tem interação com a lei de atração gravitacional newtoniana, que estabelece que:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \quad (1)$$

Onde F é a força da atração;  $m_1$  e  $m_2$  são as massas de dois corpos; G é uma constante de atração gravitacional e d representa a distância entre os dois corpos.

De acordo com Coelho (1982), na aplicação da lei universal gravitacional ao Modelo Gravitacional, em vez de haver atração entre corpos, temos interação entre duas regiões; os fatores de atração associados às regiões são usados em vez das massas dos corpos; e finalmente, o fator de redução (inverso do quadrado da distância) é substituído pelo fator de fricção (f). A equação gravitacional é adaptável para várias variantes e generalizações.

Entre os primeiros autores que apresentaram explicações para o Modelo Gravitacional, destacam-se Tinbergen (1962), Linnemann (1966), Leamer e Stern (1970), Aitken (1973), Deardoff (1995) e McCallum (1995). Tinbergen (1962), a fim de estabelecer um modelo padrão de comércio internacional, concluiu que o tamanho da economia dos países e as distâncias entre

eles são fatores determinantes nos fluxos de comércio bilateral, sendo estes dependentes do produto do PIB dos países e inversamente proporcionais à distância entre eles.

Dando continuidade aos estudos do Modelo Gravitacional, Linnemann (1966) analisa os determinantes dos fluxos bilaterais de comércio, propondo uma explicação teórica baseada no equilíbrio geral walrasiano. O autor ressalta que fatores como exportações e importações de um país para o mercado global, além de fatores como custos de transporte e barreiras tarifárias devem ser considerados ao avaliar os aspectos teóricos de um MG. O autor, para explicar os fluxos de comércio, utiliza três variáveis: a oferta total do país exportador no mercado mundial; a demanda total do país importador no mercado mundial e os fatores de resistência ao comércio.

Anderson (1979) faz uma forte crítica ao uso do Modelo Gravitacional na época. Segundo o autor “infelizmente, por mais que seja reconhecido, seu uso para políticas está severamente prejudicado devido às suas propriedades “não identificadas”. Por conta de críticas como essa, uma busca por um embasamento teórico mais robusto teve início. Helpman e Krugman (1985) buscaram explicar que a equação gravitacional poderia ser derivada de modelos com bens diferenciados, mesmo que as origens desses produtos sejam distintas como por economia de escala, por tecnologia, por abundância de certos recursos naturais, todas elas gerariam forças de gravidade.

Até a década de 1990, havia a suposição de que o modelo Heckscher-Ohlin (H-O), que explica as relações comerciais entre países com base nas diferenças na disponibilidade de fatores de produção, com países especializados na produção de bens que são intensivos em seus fatores abundantes e importando bens intensivos em outros fatores, resultando em ganhos de eficiência econômica, não fornecesse a fundamentação teórica adequada para a equação gravitacional. Em busca desta justificativa teórica, Deardorff (1995) derivou duas equações a partir do modelo H-O: uma levando em conta um modelo de bens homogêneos e competição perfeita, e outra com base na teoria dos substitutos imperfeitos. Desta forma, ele mostrou que o Modelo Gravitacional pode ser embasado em diferentes teorias clássicas do comércio, tornando-se uma ferramenta respeitável para a análise do fluxo de comércio bilateral entre países.

Segundo Krugman e Obstfeld (2010), o Modelo Gravitacional primordialmente utilizado por economistas é dado pela equação:

$$T_{ij} = A \times Y_i \times \frac{Y_j}{D_{ij}} \quad (2)$$

Em que A é um termo constante,  $T_{ij}$  é o valor do comércio entre o país i e o país j,  $Y_i$  é o PIB do país i,  $Y_j$  é o PIB do país j e  $D_{ij}$  é a distância entre os dois países. Ou seja, o valor do comércio entre dois países é proporcional, se tudo o mais for igual, ao produto do PIB dos dois países e diminui com a distância entre eles. Segundo o autor em geral as estimativas apontam que a equação acima é uma aproximação razoável da realidade.

Por outro lado, Pass (2002) destaca que os fundamentos teóricos da ciência social, geografia econômica e microeconomia, juntamente com teorias do comércio internacional, podem oferecer uma justificativa teórica para o uso da equação de gravidade na modelagem econômica do comércio internacional.

O Quadro 01 apresenta os fundamentos teóricos e principais conceitos no âmbito da utilização do Modelo Gravitacional. Ele se divide em: "Fundamentos Teóricos", destaca três áreas teóricas relevantes para o Modelo Gravitacional; "Principais Conceitos", descreve o foco dessas áreas teóricas e "Principais Autores", cita os autores mais importantes e influentes que contribuíram para cada uma dessas áreas teóricas.

Quadro 01 – Fundamentos teóricos e principais conceitos no âmbito da utilização do Modelo Gravitacional

Fundamentos Teóricos	Principais Conceitos	Principais Autores
Ciência social, espaço regional e geografia econômica.	A mensuração das relações de comércio intrarregional e sua Influência no comportamento das unidades individuais. As regiões são concebidas como potenciais compradoras (ou como uma massa potencial)	Isard (1960), Krugman (1991 e 1998).
Microeconomia (maximização da utilidade, teoria geral de equilíbrio, preferências de elasticidade constantes de substituição - ECS).	Um modelo usando a teoria da gravidade poderia ser derivado de uma função de maximização utilitária, e teorias probabilísticas.	Tinbergen (1962), Linnemann (1966), Leamer e Stern (1970), Anderson (1979), Bergstrand (1985 e 1989).
Teorias do Comércio Internacional	Teorias do comércio diferem da forma de especialização de produtos que interferem no equilíbrio: 1) diferenças de tecnologia (modelo de Ricardo); 2) dotações de diferenças de fatores (modelo de Heckscher - Ohlin); 3) modelos de retornos crescentes de escala.	Tinbergen (1962), Linnemann (1966), Anderson (1979), Bergstrand (1985), Helpman (1987), Helpman e Krugman (1985), McCallum (1995), Deadorff (1995), Enenett e Keller (2002), Anderson e Van Wincoop (2003, 2004).

Fonte: Segundo Pass (2002)

Com o passar do tempo, a equação (2) foi sofrendo alterações, variáveis como o PIB permaneceram, outras foram introduzidas, como o PIB per capita, a fim de captar o potencial de consumo dos países; assumindo que quanto maior a renda, maior será a propensão à diversificação do consumo. Outras variáveis têm sido incorporadas, como a área dos países e *dummies* que captam a importância de os países dividirem fronteiras ou falarem a mesma língua. O acréscimo dessas variáveis tem aumentado o poder explicativo da equação gravitacional (AZEVEDO, 2004).

## 2.4 Aplicação do Modelo Gravitacional na literatura recente em economia

Reis e Crespo (1998), a fim de explicarem as exportações brasileiras de açúcar, utilizaram o Modelo Gravitacional. Eles estimaram um modelo de equilíbrio simultâneo entre demanda e oferta de exportações entre os anos de 1961 a 1994. Com isso houve o cálculo de elasticidades preço, renda e de substituição, e ainda forneceram algumas indicações sobre as prováveis mudanças do mercado externo do açúcar brasileiro. As conclusões obtidas pelos autores foram que a elasticidade renda calculada sugere que: i) o açúcar se trata de um bem superior para os importadores; ii) O mercado interno tem uma relevância maior que o externo na exportação do açúcar; iii) No geral o efeito positivo dos preços internacionais do açúcar superam os efeitos negativos de uma valorização cambial; e iv) grandes estoques de açúcar podem induzir os maiores produtores a aumentar a sua oferta de exportação, se os custos de estocagem forem superiores ao custo de exportar a preços em declínio.

A pesquisa de Azevedo (2004) usou o Modelo Gravitacional para avaliar os impactos da formação do Mercosul nos fluxos comerciais. Analisando dados coletados de 1987 a 1998, o autor identificou o efeito do bloco em cada etapa da integração e verificou se existiam mudanças significativas nos parâmetros relacionados ao Mercosul. Concluiu-se que a liberalização não-discriminatória, que remove barreiras comerciais sem favorecer países específicos, teve impacto significativo nas importações e exportações totais do bloco. Já a formação do Mercosul em si não alterou o comércio dentro do bloco, refutando a ideia de que o crescimento do comércio intrabloco nos anos 1990 foi causado pela liberalização comercial no Mercosul.

Sabbatini, Correa e Hiratuca (2005) investigaram os determinantes do investimento estrangeiro de empresas transnacionais norte-americanas e avaliaram o impacto da entrada na Área de Livre Comércio das Américas (ALCA). Para alcançar esse objetivo, os autores aplicaram um Modelo Gravitacional baseado em dados coletados de 61 países durante o período de 1990 a 2002. Os resultados indicam que a adesão à ALCA não teria impacto significativo sobre a especialização setorial, ou seja, o foco das empresas nas determinadas indústrias ou tipos de bens ou serviços.

Jorge e Castilho (2011) estudaram o impacto das estruturas do comércio regional sobre os fluxos comerciais globais. Para alcançar este objetivo, os autores aplicaram um Modelo Gravitacional que combinou técnicas de *cross-section* com efeitos fixos, baseado em dados de 71 países coletados entre 1990 e 2003. Os resultados indicam que a integração regional teve

um efeito positivo sobre a atratividade, que se refere a quanto um país ou região é atraente para o investimento, dos países participantes. Aumentando assim o tamanho do mercado consumidor e promovendo ganhos em eficiência e escala produtiva.

Souza e Burnquist (2011) avaliaram os efeitos da facilitação de comércio sobre o comércio bilateral entre o Brasil e seus principais parceiros. Para isso, eles criaram três índices de facilitação usando análise fatorial e estimaram um modelo de efeitos fixos e aleatórios, método de *Poisson* e regressão *pooled*. Os resultados mostraram uma relação positiva e significativa entre os índices de facilitação e o fluxo comercial. Ademais, o grau de facilitação dos países, sejam eles importadores ou exportadores, é um fator importante para o padrão de comércio internacional, tendo um impacto significativo e positivo tanto para os países importadores quanto para os exportadores.

Gräf e Azevedo (2013), estimaram o potencial fluxo de comércio bilateral para os países membros do MERCOSUL. Utilizando dados em painel, eles estimaram o modelo pelo método de efeitos fixos e efeitos aleatórios, para o ano de 2009. Os resultados demonstraram uma considerável aproximação entre os valores de comércio potencial total do bloco e o fluxo real de comércio para o ano de 2009, ao ser estimado por meio do método de efeitos aleatórios. Os fluxos com maior potencial de comércio, segundo os autores, foram Argentina-Paraguai e Argentina-Uruguai. Entretanto, o Brasil apresentou a maior parte dos fluxos bilaterais potenciais de comércio abaixo do comércio efetivo.

Leusin Jr., Azevedo e Lélis (2013) realizaram uma análise do efeito da fronteira do estado do Rio Grande do Sul utilizando um Modelo Gravitacional baseado em dados agrupados (*pooled data*) e dados em painel, cobrindo o período de 1997 a 2002, com foco em 27 distritos brasileiros e 40 países. Os resultados indicaram a ausência de um viés de comércio em relação aos demais estados brasileiros, sugerindo que as fronteiras nacionais não causam um custo adicional para a exportação de produtos gaúchos em comparação com outros estados brasileiros.

Mirian e Braun (2017) analisaram as barreiras comerciais e seus efeitos sobre as exportações agrícolas paranaenses no período de 2000 a 2011. Para isso, utilizaram o Modelo Gravitacional com a técnica de dados em painel. Assim, com relação às barreiras tarifárias, verificou-se uma incidência maior com relação à Tailândia e a Coreia do Sul. Os autores constataram que o aumento de 1% nas barreiras tarifárias provoca redução de 3,7% nas exportações agrícolas paranaenses, demonstrando uma relação inversa. E concluíram que a

liberalização comercial, com relação às tarifas, teria um impacto positivo e significativo para a inserção agrícola do estado do Paraná no mercado internacional.

Aguiar (2018) realizou uma análise para avaliar a influência de variáveis como PIB, preço internacional, distância geográfica, entre outras, na oferta de exportação de carne bovina brasileira. Para isso, a autora estimou modelos gravitacionais usando diferentes métodos, incluindo Mínimos Quadrados Ordinários *POOLED*, Efeitos Fixos (EF), Efeitos Aleatórios (EA) e *Poisson Pseudo-Maximum-Likelihood* (PPML). A base de dados incluiu os 100 principais parceiros comerciais do Brasil entre os anos de 1998 a 2014. Os resultados mostraram que a teoria central do Modelo Gravitacional, segundo a qual os fluxos comerciais são proporcionais ao tamanho das economias e inversamente proporcionais à distância geográfica, foi validada. Além disso, verificou-se que há um aumento nas exportações de carne bovina brasileira à medida que as rendas dos países importadores aumentam, mas também uma supressão nas exportações quando as distâncias geográficas aumentam.

De Pintor et. al (2018) investigaram os fatores que influenciam as exportações paranaenses para América Latina e Caribe. Eles utilizaram dados em painel e estimaram um Modelo Gravitacional para 25 países destino das exportações do Paraná de 2002 a 2014, que corresponderam a 87,58% das exportações para a região. O estudo concluiu que o crescimento do PIB dos países da América Latina tem um impacto significativo nas exportações paranaenses. Além disso, o aumento do PIB do Paraná também teve um impacto positivo nas exportações, sugerindo que a maior parte dos produtos exportados são manufaturados e voltados para a exportação.

Lisbinski (2021) em seu trabalho procura analisar o desempenho exportador das principais frutas produzidas no Nordeste brasileiro avaliando se há vantagem comparativa revelada na produção de frutas através do cálculo do Índice de Vantagem Comparativa Revelada (IVCR). A autora busca ainda estimar os fatores que contribuem para um maior ou menor fluxo das exportações das frutas produzidas no Nordeste brasileiro no mercado externo estimando um modelo Gravitacional. O período analisado é entre os anos 2000 a 2018. Como resultado a autora revela que dentre as frutas analisadas algumas possuem vantagens comparativas enquanto outras oscilam. E, por meio da estimação dos modelos gravitacionais, tornou-se possível apresentar que quanto maior a renda do país importador maior será a capacidade de comércio bilateral deste. No entanto, quanto maior a distância, maior será o

custo de transporte, justificando o impacto negativo desta variável, apresentando assim sinais coerentes com o indicado pela literatura.

A utilização do Modelo Gravitacional é ampla e efetiva na análise dos fluxos comerciais entre países. Esta abordagem tem sido utilizada para avaliar a influência de diversas variáveis, como PIB, preço internacional, distância geográfica, entre outras, na oferta de exportação de diversos setores econômicos. Os estudos apresentados demonstram que o Modelo Gravitacional é uma ferramenta válida para validar a teoria central de que os fluxos comerciais são diretamente proporcionais ao tamanho das economias e inversamente proporcionais à distância geográfica entre elas.

Além disso, o MG é capaz de apontar que o aumento da renda dos países importadores tem impacto positivo nas exportações, enquanto o aumento da distância geográfica tem impacto negativo. Em síntese, a utilização do Modelo Gravitacional permite uma análise mais completa e precisa das determinantes das exportações de bens e serviços em diferentes contextos econômicos, tornando-o uma importante ferramenta na análise do comércio internacional.

### 3 METODOLOGIA

Neste trabalho, foi utilizado o modelo econométrico gravitacional, que se baseia na Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton. De acordo com essa lei, a atração entre dois corpos depende diretamente da sua massa e inversamente da distância entre eles. Tinbergen (1962), Poyhönen (1963) e Linnemann (1966) trouxeram o Modelo Gravitacional para o estudo da economia ao aplicá-lo aos fluxos comerciais. Eles argumentaram que o comércio entre dois países é diretamente proporcional aos tamanhos das suas economias, que atuam como atratores, e inversamente proporcional à distância entre eles, que funciona como repulsor.

O comércio internacional encontra-se em constante mudança, o que também requer ajustes no Modelo Gravitacional para melhor explicar os fluxos comerciais. Para aprimorar seus resultados, o MG incluiu variáveis adicionais como a área dos países e *dummies*, que fornecem características qualitativas, como idioma, contiguidade e origem de colonização. Esses fatores podem ter impacto positivo nos fluxos de comércio entre países com características semelhantes (AZEVEDO 2004; NASCIMENTO e PREGARDIER JÚNIOR 2013).

Diante disso, a equação gravitacional utilizada neste estudo tem como base principal o estudo de Mata e Freitas (2008), esboçadas na equação (3).

$$\ln F_{ijt} = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n \beta_k \ln X_{kijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (3)$$

Onde  $\ln F_{ij}$  é o log das receitas de exportações do país/região  $i$  para o país/região  $j$  no momento  $t$ ;  $\alpha_0$  é uma constante;  $\ln X_k$  corresponde a matriz de logs das variáveis explicativas;  $n$  é o número de variáveis explicativas;  $\alpha_k$  são os parâmetros do modelo e  $\varepsilon_{ij}$  o termo de erro estocástico com as hipóteses do modelo clássico de regressão. A transformação logarítmica tem a vantagem de medir a elasticidade de  $F_{ij}$  em relação a  $X_i$  através do coeficiente angular, que mostra a mudança percentual em  $F_{ij}$  para uma mudança percentual em  $X_i$  (GUJARATI e PORTER, 2011).

Para a definição das variáveis a serem utilizadas na composição do modelo a ser estimado, utiliza-se como base o modelo da literatura brasileira desenvolvido por De Pintor, De Pintor e Shikida (2019) e utilizado pelos autores para analisar os determinantes das exportações do Paraná de soja em grãos, farelo de soja e óleo de soja utilizando a equação:

$$\ln X_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_i + \beta_2 \ln Y_j + \beta_3 \ln P_i + \beta_4 \ln P_j + \beta_5 \ln \text{Dist}_{ij} + \beta_6 \ln \text{Area} + \beta_7 \ln \text{Preço} + \beta_8 \ln \text{China} + \varepsilon_{ijt} \quad (4)$$

Onde:

$X_{ij}$  corresponde às exportações do Complexo Soja paranaense para o país  $j$ ;

$Y_i$  é o PIB do Paraná;

$Y_j$  é o PIB do país  $j$ ;

$P_i$  é a população do Paraná;

$P_j$  é a população do país  $j$ ;

$\text{Dist}_{ij}$  é a distância entre a capital do Paraná e a capital do país  $j$ ;

Área é a extensão territorial do país  $j$ ;

Preço é o preço da soja em grão (US\$) por tonelada;

China é uma variável dummy que possui valor 1 caso o país de destino seja a China e 0 nos demais casos;

$\beta_0$  a  $\beta_8$  são parâmetros que espera-se que tenham, exceto o  $\beta_5$  e  $\beta_6$ , sinal positivo;

$\varepsilon_{ijt}$  é o termo de erro.

Visando verificar os fatores que afetam o fluxo de comércio do Complexo Soja exportado pelo estado de Goiás e retratar de maneira mais concreta e aprofundada a realidade estudada, algumas variáveis são retiradas e outras substituídas. Dessa forma, o modelo a ser utilizado nesta pesquisa caracteriza-se por uma regressão do tipo log-log, o que significa que o logaritmo das variáveis dependentes e independentes são utilizados para modelar a relação entre as variáveis. Isso é feito para lidar com a assimetria dos dados e para tornar as relações lineares. E é dado da seguinte forma:

$$\ln X_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \text{GDP}_M + \beta_2 \text{GDP}_X + \beta_5 \ln \text{DKM} + \beta_7 \ln \text{PS} + \beta_8 \text{China} + \varepsilon_{ijt} \quad (5)$$

A variável dependente,  $\ln X_{ij}$ , representa o fluxo de comércio, medido em termos do volume das exportações do Complexo Soja, realizadas pelo estado de Goiás para o país  $j$ . O coeficiente  $\beta_0$  representa a constante do modelo de regressão.

Para mensurar as variáveis  $\text{GDP}_M$  e  $\text{GDP}_X$  utilizaram-se os valores do Produto Interno Bruto (PIB) como proxy de Goiás e do país importador, respectivamente. Assim, a renda do país importador pode ser considerada um fator importante na determinação da demanda por bens importados. O potencial de exportação de um país depende do tamanho de seu Produto Interno Bruto (PIB) e da proporção entre o volume de produção destinado à exportação e o volume de produção total do país. Adicionalmente, é suposto que países grandes e ricos apresentem maior tendência de consumo de produtos importados, reforçando que o PIB é uma medida eficaz para avaliar o tamanho e a riqueza dos países (WANG e WINTERS, 1992; NASCIMENTO e PREGARDIER JÚNIOR, 2013).

Quanto à variável *DKM*, essa capta a distância entre a capital do estado de Goiás e a capital do país importador. É suposto que distâncias geográficas maiores entre importadores e exportadores tendem a diminuir o fluxo comercial bilateral. De acordo com Eichengreen e Irwin (1998), a variável distância apresentará um sinal negativo, uma vez que o efeito da distância deve ser considerado no aumento dos custos relativos dos produtos, o que desestimula o comércio.

A variável *PS* é o preço da soja em grão (US\$) por tonelada Métrica. A variável *China* é uma variável *dummy* que possui valor 1 caso o país de destino seja a China e 0 nos demais casos. A finalidade da utilização desta variável é identificar o impacto da China nas importações do Complexo Soja goiano. Se o coeficiente da variável China for positivo, isso indicará, em média, que a China importa mais do que os outros países incluídos neste estudo. Por fim,  $\varepsilon_{ij}$  representa o termo de erro da equação.

### 3.1 Modelos Econométricos

O Modelo Gravitacional estimado nesse estudo segue uma abordagem de dados em painel, que combina características dos dados de corte transversal e das séries temporais. Isso permite múltiplas observações sobre as mesmas unidades, a exploração da importância das defasagens no comportamento e resultados, e o controle sobre certas características não observáveis dos indivíduos. Essa abordagem aumenta a variabilidade dos dados, diminui a colinearidade, aumenta os graus de liberdade e a eficiência das estimações do modelo. Além disso, a estrutura de dados em painel permite maior flexibilidade na modelagem das diferenças entre os indivíduos, o que é uma vantagem importante para a estimação do Modelo Gravitacional (BALTAGI, 2005; WOOLDRIDGE, 2016).

A análise de dados em painel pode ser realizada por meio de três modelos diferentes: a regressão *Pooled*, o modelo de efeitos fixos (EF) e o modelo de efeitos aleatórios (EA). A regressão *Pooled* é um estimador simples que se baseia no comportamento uniforme dos indivíduos e no tempo, além da homogeneidade das observações. Neste modelo, a constante e o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) geram estimadores consistentes e eficientes, mas camuflam a heterogeneidade existente nos dados (CHENG e WALL, 2005).

Já o modelo de efeitos fixos (EF) pressupõe que o intercepto de cada indivíduo é único e não se altera com o tempo, enquanto que os coeficientes angulares dos regressores são constantes para todos os indivíduos e não variam ao longo do tempo. Este modelo é adequado quando o intercepto de cada indivíduo está correlacionado com um ou mais regressores. Por

fim, no modelo de efeitos aleatórios (EA), o intercepto de cada indivíduo é extraído aleatoriamente de uma população maior e o intercepto comum representa o valor médio dos interceptos de corte transversal. Este modelo é adequado quando o intercepto de cada indivíduo não é correlacionado com os regressores. (GUJARATI e PORTER, 2011).

Dessa forma, o presente estudo utilizou-se do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), trabalhando com dados em painel balanceados, e foi utilizado o *software R-4.1.2* para estimar o Modelo Gravitacional. Destaca-se que os efeitos fixos são mais utilizados para a previsão de comportamento individual, e os efeitos aleatórios para o estudo da população de forma geral.

### 3.2 DADOS

As informações sobre o PIB e a população dos países importadores foram obtidas do *World Bank*. A distância entre Goiás e seus principais parceiros comerciais foi calculada a partir do *Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales* (CEPII), que fornece dados específicos para serem utilizados em modelos gravitacionais, como a distância entre Brasília e as capitais de todos os países presentes nesse estudo. Adicionalmente, foi somada a distância da capital goiana, Goiânia, até Brasília, com dados obtidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT).

Os dados referentes às exportações goianas, foram coletados por meio do *Comex Stat* (Portal para acesso às estatísticas de comércio exterior do Brasil). Para tanto, foi utilizado para o Estado de Goiás, os produtos: soja – capítulos 12, 15 e 23 (sementes e oleaginosas, gorduras e óleos animais ou vegetais e resíduos de indústrias alimentares) da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), do Sistema Harmonizado (SH-2 dígitos), para os principais países importadores (China, Países Baixos, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha, Irã, Japão e Reino Unido).

O Quadro 02 apresenta os detalhes da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), do Sistema Harmonizado (SH-2 dígitos) para os produtos que compõem o Complexo Soja.

Quadro 2 - Classificação NCM e SH do Complexo Soja

Produto	NCM	Nome da NCM	SH - 2 dígitos
Soja em grão	12010010	Soja para semeadura	12.01
Soja em grão	12010090	Outros grãos de soja, mesmo triturados	12.01
Soja em grão	12011000	Soja, mesmo triturada, para semeadura	12.01
Soja em grão	12019000	Soja, mesmo triturada, exceto para semeadura	12.01
Farelo de soja	23040010	Farinhas e "pellets", da extração do óleo de soja	23.04
Farelo de soja	23040090	Bagaços e outros resíduos sólidos, da extração do óleo de soja	23.04
Óleo de soja	15071000	Óleo de soja, em bruto, mesmo degomado	15.07
Óleo de soja	15079010	Óleo de soja, refinado	15.07
Óleo de soja	15079011	Óleo de soja, refinado, em recipientes com capacidade $\leq 5l$	15.07
Óleo de soja	15079019	Óleo de soja, refinado, em recipientes com capacidade $> 5l$	15.07
Óleo de soja	15079090	Outros óleos de soja	15.07

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 3 apresenta uma visão geral das variáveis utilizadas neste estudo, juntamente com as fontes destas variáveis e os ajustes metodológicos realizados no processo de tratamento dos dados.

Quadro 03 – Descrição das Variáveis utilizadas no Modelo Gravitacional

Variável	Descrição das Variáveis	Fonte	Ajustes realizados
X	Volume das exportações goianas do Complexo Soja	Portal para acesso às estatísticas de comércio exterior do Brasil (Comex Stat)	-----
GPD_X	PIB de Goiás	Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)	Série convertida para dólares pela taxa de câmbio anual média e deflacionada pelo IPC anual dos Estados Unidos
GPD_M	PIB dos países importadores	Banco Mundial	Série deflacionada pelo IPC anual dos Estados Unidos
DKM	Distância entre a capital goiana e a capital do país importador	<i>Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales</i> Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT)	Distância entre Goiânia e Brasília somada a distância de Brasília e a capital do país importador
PS	Preço em US\$ por tonelada, da soja em grão	IPEADATA	Série deflacionada pelo IPC anual dos Estados Unidos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

A amostra utilizada compreende o período de 2003 a 2019, incluindo os oito maiores países importadores de soja de Goiás: Países Baixos, China, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha e Irã. Essa seleção foi baseada na regularidade e intensidade do fluxo de importações do Complexo Soja produzido pelo estado de Goiás no período analisado. Outros países que não apresentavam regularidade e intensidade no fluxo de importações foram desconsiderados da amostra.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise Descritiva

A Tabela 04 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis não binárias utilizadas nesse trabalho, exportações goianas do Complexo Soja (X), PIB de Goiás (GDP\_X), PIB dos países importadores (GDP\_M), Distância entre a capital goiana e a capital do país importador (DKM) e Preço em US\$ por tonelada da soja em grão (PS) no período de 2003 a 2019.

Tabela 04 – Estatísticas descritivas dos dados utilizados no estudo

Variável	Média	Desvio Padrão
X ( Mil toneladas)	512,42	886,25
GDP_X (Bilhões US\$ )	54,67	18,65
GDP_M (Bilhões US\$ )	2.477	2.858
PS (US\$ por tonelada)	475	104
DKM (Quilômetros)	12.276	3.873

Fonte: Resultados da pesquisa, 2022

As exportações goianas de soja apresentam uma quantidade média de 512,42 mil toneladas, é possível observar uma grande variação na quantidade de exportações, pois o desvio padrão de 886,25mil toneladas indica que há uma dispersão significativa ilustrada pela diferença entre o valor mínimo 2,85 mil toneladas, exportado para Alemanha em 2016, e o valor máximo 5.448,73 mil toneladas exportado para China em 2018. É possível afirmar que as exportações goianas do Complexo Soja apresentam uma variação significativa na quantidade exportada.

O PIB de Goiás apresentou uma média de US\$ 54,67 bilhões, com desvio padrão de US\$ 18,65 bilhões e amplitude média absoluta de US\$ 23,33 bilhões. O PIB dos países importadores, por sua vez, apresentou uma média de US\$ 2,47 trilhões. O valor mínimo do PIB dos países importadores foi de US\$ 211 bilhões da Tailândia em 2003 e o valor máximo de US\$ 14,27 trilhões referentes ao PIB da China em 2019.

A média do preço da soja em grão em dólares americanos foi de US\$ 475, com um desvio padrão de US\$ 104 e uma amplitude média absoluta de US\$ 99 sugere que, em média, o preço da soja varia em torno de US\$ 99 para cima ou para baixo em relação à sua média. Os preços variam de um mínimo de US\$ 345 por tonelada em 2005 a um máximo de US\$ 658 por tonelada em 2012.

Por fim, a distância média entre a capital goiana e as capitais dos países importadores foi de 12.276 quilômetros, com desvio padrão de 3.873 e amplitude média absoluta de 3.698. Mostrando que em média os maiores importadores do Complexo Soja produzidos por Goiás estão a mais de 12 mil quilômetros da capital goiana. A distância mínima foi de 7.951 quilômetros e a distância máxima foi de 17.771 quilômetros.

As informações apresentadas mostram que as exportações goianas de soja apresentam uma variação significativa na quantidade exportada, e que os maiores importadores estão em média a uma grande distância da capital goiana. Esses dados sinalizam uma situação econômica dinâmica para a região goiana, mas também apontam para a necessidade de se analisar e compreender os fatores que impactam a variação dessas métricas.

#### **4.1 Análise dos testes realizados**

Um dos testes mais importantes em dados de painel é o de Raiz Unitária, pois a presença de uma raiz unitária pode resultar em uma estimativa econométrica sem sentido. Para verificar se as séries utilizadas em um estudo possuem uma raiz unitária, foi aplicado o Teste LLC (LEVIN, LIN e CHU, 2002). O objetivo deste teste é verificar se as variáveis são estacionárias, o que é fundamental para a confiabilidade e a precisão dos testes estatísticos e das relações estimadas.

A hipótese nula do teste é a presença de uma raiz unitária na série, ou seja, as variáveis não são estacionárias. Se as séries não apresentarem estacionariedade, será necessário aplicar testes de co-integração para obter uma relação consistente. Em resumo, o teste de Raiz Unitária é crucial para garantir a validade das análises econômicas. Na Tabela 05 apresenta-se o resultado do teste LLC de raiz unitária.

Tabela 05 – Testes LLC de raiz unitária

Variável	Estatística em nível	P-Valor
X	-3.1744	0.0451
GPD_X	-10.497	0.0100
GPD_M	-3.6976	0.0271
PS	-7.2017	0.0100

Fonte: Resultados da pesquisa, 2022

Os resultados do teste de Raiz Unitária indicam que todas as variáveis se apresentaram estacionárias ao longo do tempo, o que significa que seus valores flutuam em torno de uma média constante. A decisão de rejeitar a hipótese nula foi baseada em um nível de significância de 10%. Portanto, pode-se afirmar que as variáveis são estacionárias, o que é fundamental para a validade das análises econômicas.

Após a realização do teste de raiz unitária é necessário verificar qual a melhor forma de estimação do modelo econométrico a ser utilizado. Os testes compararam os modelos *Pooled*, Efeito Fixo (EF) e Efeito Aleatório (EA) a fim de determinar qual, dentre eles é o mais adequado. Para essa determinação foram utilizados os testes de Hausman (1978), o teste Chow (1960) e o teste LM de Breusch-Pagan (1980) a Tabela 06 apresenta os resultados.

Tabela 06 – Testes para escolha do modelo mais adequado

Modelos testados	Teste Realizado	Melhor Modelo
EF x EA	Hausmann	EF
Pooled x EF	F de Chow	EF
Pooled x EA	Breusch e Pagan	EA

Fonte: Resultados da pesquisa, 2022

O resultado do teste de *Hausman* indicou que o modelo de Efeitos Fixos é mais apropriado do que o modelo de Efeitos Aleatórios, ao rejeitar-se a hipótese nula com um nível de significância de 10%. Já o resultado do teste *Chow* apontou que o modelo de Efeitos Fixos é mais adequado do que o modelo *pooled*, ao rejeitar-se a hipótese nula com um nível de significância de 10%. Por fim, o teste LM de *Breusch-Pagan* indicou que o modelo de Efeitos Aleatórios é mais adequado do que o modelo *pooled*, ao rejeitar-se a hipótese nula com um nível de significância de 10%.

De acordo com Greene (2008), os modelos em painel oferecem muitas vantagens em comparação a outros modelos, mas também têm problemas de estimação. O agrupamento de dados de corte e séries temporais pode resultar em problemas, como heterocedasticidade e autocorrelação. Para avaliar a presença de heterocedasticidade, foi aplicado o teste de Wald, no qual a hipótese nula é a homocedasticidade (variância constante) e, como a hipótese nula não foi rejeitada, não existe heterocedasticidade.

#### 4.2 Modelos estimados

A Tabela 07 apresenta os resultados de três tipos de regressões do Modelo Gravitacional, sendo elas: *Pooled*, Efeito Fixo e Efeito Aleatório. A tabela apresenta valores para constantes, logaritmos de GDP\_X, GDP\_M, PS e DKM, além de uma variável binária China. Também são apresentados valores para  $R^2$  e  $R^2$  Ajustado. Os valores entre parênteses representam os erros padrões e os símbolos \*, \*\* e \*\*\* indicam o nível de significância da variável, sendo 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 07 – Resultados das regressões do Modelo Gravitacional

Variáveis	Pooled	Efeito Fixo	Efeito Aleatório
Constante	8.85709 (9.37182)	-124.3271*** (21.2317)	-24.58626 (14.22345)
log(GDP_X)	1.10906** (0.34436)	0.2618 (0.2726)	0.64367* (0.27522)
log(GDP_M)	-0.12697 (0.16188)	1.8145*** (0.3418)	0.93953*** (0.28406)
log(PS)	-0.59285 (0.64388)	-0.2966 (0.4387)	-0.43013 (0.47108)
log(DKM)	-1.21985* (0.46736)	9.1583*** (1.5716)	0.31052 (1.13571)
China	3.40293*** (0.54284)	2.8327** (1.0776)	0.87288 (1.20825)
$R^2$	0.37583	0.7249	0.24044
$R^2$ Ajustado	0.35182	0.7029	0.21123

Fonte: Resultados da pesquisa, 2022

Nota: Os valores entre parênteses são os resultados dos erros padrões, e \* representa o nível de significância da variável sendo 10%: \*, 5%: \*\*, 1%: \*\*\*.

Os resultados do modelo *Pooled* apontaram que o coeficiente da variável PIB de Goiás ( $\log(\text{GDP}_X)$ ) foi estatisticamente significativo ao nível de 5%, demonstrando que um incremento de 1% no PIB do estado de Goiás aumenta em aproximadamente 1,1% as exportações do Complexo Soja goiano. Esse resultado apresentou sinal coerente com o indicado pela literatura com os trabalhos de Tinbergen (1962), Linnemann (1966), Feenstra, Markusen e Rose (2001), Krugman e Obstfeld (2010), Fonseca, Xavier e Costa (2010). Assim, quanto maior o PIB do estado de Goiás, maiores serão os fluxos comerciais bilaterais.

Com relação à variável Distância ( $\log(\text{DKM})$ ) os resultados apontaram que o aumento em 1% na distância entre Goiás e o país importador provoca uma redução de 1,21% do fluxo bilateral das exportações. Este resultado é estatisticamente significativo ao nível de 10% e corrobora com os trabalhos predecessores de Geraci e Prewo (1977), Krugman e Obstfeld (2010). De acordo com estudos, esta variável é considerada uma representação do custo de transporte. Quanto maior a distância, maiores serão os custos de transporte e, por conseguinte, do produto, o que tem impacto negativo no comércio.

A variável binária (China) busca avaliar o impacto da China nas importações do Complexo Soja Goiano e, conforme os resultados da regressão, apresenta um coeficiente estatisticamente significativo a 1% de nível de confiança. Isso indica que a China importa, em média, 3,40% mais do Complexo Soja Goiano em comparação aos outros países avaliados neste estudo. Além disso, o valor do  $R^2$  ajustado é de 0,35182, indicando que cerca de 35% da variação dos dados é explicada pelo modelo.

O modelo de Efeito Fixo apresentou resultados estatisticamente significativos para três variáveis. A variável do PIB do país importador ( $\log(\text{GDP}_M)$ ) apresentou um coeficiente estatisticamente significativo a 1%, indicando que um aumento de 1% no PIB desse país resulta em uma elevação de 1,81% nas exportações de Complexo Soja para esse país. Este resultado é consistente com as conclusões apresentadas por estudiosos como Tinbergen (1962), Linnemann (1966), Feenstra, Markusen e Rose (2001), Krugman e Obstfeld (2010), Fonseca, Xavier e Costa (2010). Portanto, pode-se concluir que, quanto mais elevado for o PIB de um país importador, maior será a tendência a importar bens.

A variável que capta a distância entre Goiás e o país importador ( $\log(\text{DKM})$ ) apresentou um coeficiente estatisticamente significativo a 1%. O seu resultado aponta que o aumento de 1% na distância resulta em um incremento de 9,15% nas exportações do Complexo Soja. No

entanto, esse resultado apresenta um sinal contrário ao previsto pela literatura, como demonstrado por Geraci e Prewo (1977), Krugman e Obstfeld (2010).

A variável binária (China), apresenta um coeficiente estatisticamente significativo a 5% de nível de confiança. Isso indica que a China importa, em média, 2,83% mais do Complexo Soja Goiano em comparação aos outros países avaliados neste estudo. O modelo apresenta ainda um  $R^2$  ajustado é de 0,7029, indicando que cerca de 70% da variação dos dados é explicada pelo modelo.

Finalmente, o modelo estimado com Efeitos Aleatórios apresenta duas variáveis cujos coeficientes são estatisticamente significativos e condizem com a literatura. A variável PIB de Goiás ( $\log(\text{GDP}_X)$ ) mostra que um aumento de 1% no PIB do estado de Goiás resulta em cerca de 0,64% de aumento nas exportações do Complexo Soja. Já a segunda variável, o PIB do país importador ( $\log(\text{GDP}_M)$ ), indica, através do seu coeficiente, que um aumento de 1% no PIB do país importador resulta em um aumento de 1,81% nas exportações do Complexo Soja para esse país. Embora os resultados sejam significativos, o modelo apresenta o menor coeficiente  $R^2$  entre os modelos analisados, o que significa que as variáveis independentes explicam cerca de 24% da variável dependente.

A análise dos resultados dos modelos revelou que o PIB de Goiás e o PIB do país importador são fatores importantes para as exportações do Complexo Soja Goiano. Ambas as variáveis são estatisticamente significativas na regressão do modelo de Efeito Aleatório. A variável PIB de Goiás foi significativa no modelo *Pooled* e a variável PIB do país importador foi significativa no modelo Efeito Fixo. Os coeficientes positivos dessas variáveis indicam que um aumento nos PIBs resulta em um aumento nas exportações do Complexo Soja Goiano, o que é consistente com a literatura econômica.

A variável distância ( $\log(\text{DKM})$ ) foi significativa tanto no modelo *Pooled* quanto no modelo Efeito Fixo, mas os resultados são diferentes. No modelo *Pooled*, um aumento na distância resulta em uma redução nas exportações, o que é de acordo com a literatura econômica que sugere que a distância representa os custos de transporte e que um aumento nestes custos resulta em uma diminuição do comércio. No entanto, no modelo Efeito Fixo, um aumento na distância resulta em um aumento nas exportações, o que é surpreendente.

A variável binária (China) foi significativa tanto no modelo *Pooled* quanto no modelo Efeito Fixo, indicando que a China importa, em média, mais do Complexo Soja Goiano do que

os outros países avaliados. No entanto, a variável preço da soja ( $\log(\text{PS})$ ) não foi significativa em nenhum dos modelos estimados neste estudo.

Em suma, os resultados dos modelos sugerem que o PIB de Goiás, a distância entre Goiás e o país importador e a presença da China no comércio de Complexo Soja são determinantes importantes para as exportações do Complexo Soja Goiano. É importante notar que alguns resultados apresentados nos modelos são contrários aos esperados pela literatura, o que pode requerer uma investigação adicional para compreender as causas desse comportamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho das exportações do Complexo Soja, compreendendo soja em grãos, óleo de soja e farelo, produzidos no Estado de Goiás, durante o período de 2003 a 2019. Além disso, buscou-se identificar os fatores que afetam o volume de exportações destes produtos para os principais destinos, tais como a China, Países Baixos, Tailândia, França, Coreia do Sul, Espanha, Alemanha, Irã, Japão e Reino Unido. Para tal, utilizou-se o Modelo Gravitacional do Comércio, que pressupõe que o fluxo de comércio entre países é diretamente influenciado pelos atributos locais das economias de exportação e de importação (PIB de Goiás e o PIB dos países importadores) e inversamente relacionado com a distância que existe entre eles.

Os resultados apontam que o PIB tanto de Goiás quanto do país importador são fatores críticos na determinação das exportações goianas do Complexo Soja. Quando há um aumento no PIB de ambos os lugares, também há uma elevação nas exportações. A variável Distância, que capta a distância geográfica entre Goiás e o país importador, apresentou comportamentos distintos nos diferentes modelos estimados. No modelo *Pooled*, a distância teve um impacto negativo nas exportações, ou seja, quanto maior a distância, menor o fluxo de exportações. Por outro lado, no modelo Efeito Fixo, a distância apresentou-se como um fator positivo na determinação das exportações, sugerindo que aumentos na distância podem estar associados a aumentos nas exportações goianas.

A variável binária China, que avalia o impacto da China nas importações do Complexo Soja Goiano, foi estatisticamente significativa nos modelos *Pooled* e Efeito Fixo, mostrando que a China tem um impacto mais significativo nas exportações do Complexo Soja goiano do que os demais países considerados na pesquisa. Já a variável preço da soja (PS) não apresentou uma influência significativa nas exportações, não sendo considerada um fator determinante importante no fluxo comercial do Complexo Soja goiano.

O estudo aponta para uma concentração de destinos nas exportações goianas do Complexo Soja durante o período de 2003 a 2019. Neste período, Países Baixos e China foram responsáveis por importar aproximadamente 70% do Complexo Soja exportado por Goiás. Países Baixos é um destino importante devido ao seu amplo sistema portuário, incluindo o Porto de Roterdã, que é um dos maiores do mundo e um importante ponto de entrada de commodities, incluindo grãos, na União Europeia. No entanto, a participação dos Países Baixos

nas exportações goianas do Complexo Soja deixa de ser predominante em 2008 e, a partir de 2012, a China tornou-se o destino de mais de 50% do Complexo Soja exportado por Goiás.

Esta concentração em apenas um país pode ser vista como uma fragilidade, pois o Complexo Soja goiano pode ser fortemente afetado por eventos econômicos ou políticos oriundos da China, dificultando o aumento da agregação de valor e da industrialização da soja goiana. A China aplica tarifas crescentes a produtos de maior valor agregado, o que torna difícil para a soja goiana aumentar seu valor agregado. Além disso, há barreiras não tarifárias, como especificações técnicas e o uso de licenças de importação, que dificultam ainda mais o comércio.

Portanto, é vital ressaltar a forte dependência das exportações do Complexo Soja de Goiás na China, e a necessidade de ampliar a diversificação dos destinos dessas exportações, a fim de torná-las mais variadas e menos vulneráveis a eventos econômicos e políticos restritos a um único país.

A pesquisa enfrentou limitações relacionadas à base de dados utilizada. Embora os países presentes na pesquisa correspondam a cerca de 88% das exportações do Complexo Soja goiano, a confiabilidade da estimativa dos modelos econométricos exigia que não houvesse valores iguais a zero na série de dados. Isso significava que, se algum país destino do Complexo Soja produzido por Goiás não tivesse valores positivos de exportações durante o período de 2003 a 2019, esse país não poderia participar do presente estudo, reduzindo consideravelmente a base de dados disponível para as regressões econométricas. Isso acabou limitando a quantidade de variáveis independentes nas regressões, devido ao consumo dos graus de liberdade, que é a quantidade de observações livres para serem usadas na estimativa do modelo econométrico.

Este estudo contribuiu para a literatura ao analisar o desempenho das exportações do Complexo Soja (soja em grãos, óleo de soja e farelo de soja) em Goiás entre 2003 e 2019. O estudo também apresenta dados sobre a evolução da cultura da soja em Goiás, incluindo a área plantada, a produtividade e a produção, e a expansão das exportações. A análise quantitativa dos dados apresentados ajuda a entender a importância econômica da soja para a região de Goiás e fornece uma base para futuras pesquisas e discussões na área.

Sugere-se, para futuros trabalhos e aprofundamento desta análise, a inclusão de uma gama mais ampla de variáveis e a utilização de métodos que permitam capturar fatores

dinâmicos e evolutivos. É importante também considerar a ampliação do número de países importadores e uma análise detalhada do valor agregado do Complexo Soja Goiano.

Por fim, conforme a Instrução Normativa EA 3/2021. O impacto social e a relevância da pesquisa estão relacionados ao setor de agronegócio e à exportação de Complexo Soja, em particular, no estado de Goiás. O crescimento significativo das exportações de soja e o papel fundamental que o setor tem desempenhado na economia brasileira e goiana são destacados. Além disso, a pesquisa tem como objetivo analisar o desempenho das exportações goianas de Complexo Soja para os principais países importadores, a fim de entender os fatores que afetam o mercado e desenvolver ações mais eficientes para fortalecer e melhorar a competitividade deste setor no mercado internacional, possibilitando assim um aumento das exportações e maiores oportunidades de inserção comercial. Portanto, a pesquisa é relevante e tem um impacto social positivo, pois pode contribuir para o fortalecimento do setor e aumento da economia local e nacional.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, G. M.B. **Condicionantes da exportação de carne bovina do Brasil: uma abordagem gravitacional**. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ANDERSON, J. E. A theoretical foundation for the gravity equation. **The American Economic Review**. V. 69, n. 1, p. 106-116, 1979.

ANDERSON, J. E, J. E; VAN WINCOOP, E. Gravity with gravitas: a solution to the border puzzle. **The American Economic Review**, v. 93, p. 170-192, 2003.

ANDERSON, J. E.; VAN WINCOOP, E. Trade Costs. **Journal of Economic Literature** V. 42, p. 691-75, 2004.

AITKEN, N. D. The effect of the EEC and EFTA on European trade: a temporal cross-section analysis. **The American Economic Review**, v. 63, n. 5, p. 881-892, 1973.

ARANTES, P. F. **Modernização da agricultura no sudoeste de Goiás**. 2001. Dissertação (Mestrado em História das Sociedades Agrárias) – Programa de Pós-Graduação em História das Sociedades Agrárias, UFG. Goiânia.

AREVALO, J. L. S.; ANDRADE, A. M. F. de; SILVA, Giuliano A. B. Uma nota sobre modelos gravitacionais aplicados à exportação de café de Brasil, Colômbia e Peru. **Revista Brasileira de Economia**, v. 70, p. 271-280, 2016.

AZEVEDO, A. F. Z. O efeito do Mercosul sobre o comércio: uma análise com o modelo gravitacional. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 2, p. 307-339, 2004.

BALTAGI, B. D. **Econometric analysis of panel data**. 3 ed. Nova York: John Wiley and Sons, 2005.

BERGSTRAND, J. H. The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. **The Review of Economics and Statistics**. n.67, v.3, 1985.

BERGSTRAND, J. H. The generalized gravity equation, monopolist competition, and the factor proportions theory in international trade. **Review of Economics and Statistics**, v. 71, n.1, p. 143-153, 1989.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. **Review of Economic Studies**, n. 47(1), p. 239-253, 1980.

CHENG, I. H.; WALL, J. H. Controlling for Heterogeneity in Gravity Models of Trade and Integration. **Federal Reserve Bank of St. Louis Review**, St. Louis, V. 87, n. 01, p. 49-63, 2005.

CHOW, G. C. Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 591-605, 1960.

COELHO, J. Dias. Formulação em programação matemática do modelo gravitacional e sua interpretação econômica. **Working Paper n° 2**. Faculdade de Economia, Universidade Nova de Lisboa, Campo Grande: 1982.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: out. 2021.

DE PINTOR, G. M. Z., DE PINTOR, E., DE OLIVEIRA, G. B., & SCHNEIDER, M. B. (2018). Determinantes das exportações paranaenses para a América Latina e Caribe: uma aplicação do modelo gravitacional. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 14, n. 31, 2018.

DE PINTOR, G. M. Z.; DE PINTOR, E.; SHIKIDA, P. F. A. Exportações paranaenses do complexo soja: uma análise a partir do modelo gravitacional. **Orbis Latina**, v. 9, n. 2, p. 171-191, 2019.

DEADORFF, A. V. Testing Trade Theories and Predicting Trade Flows. **Handbook of International Economics**, Volume 1, Amsterdam: North-Holland, 1995.

EICHENGREEN, B.; IRWIN, D. The role of history in bilateral trade flows. **In: FRANKEL, J. A. (Org.) The regionalization of the world economy**. The University of Chicago Press, p. 33-62, 1998.

FEENSTRA, R. C.; MARKUSEN, J. A.; ROSE, A. K. Using the gravity equation to differentiating among alternative theories of trade. **The Canadian Journal of Economics**, v.34, n. 2, p. 430-477, 2001.

FONSECA, H. V. P.; XAVIER, L. F.; COSTA, E. F. Análise das Exportações de Uvas Frescas Brasileiras: Uma Estimção Gravitacional a Partir de Regressões Aparentemente Não Relacionadas. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 57, n.2, p. 81-98, Jul./dez. 2010.

FRANKEL, J. **Regional trading blocs in the world economic system**. Washington, D.C.: Institute for International Economics, 1997. 388p.

GRÄF, C. O.; AZEVEDO, A. F. Z. Comércio bilateral entre os países membros do MERCOSUL: uma visão do bloco através do modelo gravitacional. **Economia Aplicada**, v.17, n. 1, p. 135-158, 2013.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 6ª ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica-5**. Amgh Editora, 2011.

HASSE G. O. **O Brasil da soja abrindo Fronteiras Gerando Cidades**. Porto Alegre LPM 1996.

HAUSMAN, J. A. Specification Tests in Econometrics. **Econometrica**, V. 46, n. 6, p. 1251-1271, 1978.

HELPMAN, E.; KRUGMAN P. Market Structure and Foreign Trade. Increase Returns, Imperfect Competition, and International Economic. **MIT Press**. Cambridge, Massachusetts, 1985.

ISARD, W. Methods of regional analysis: an introduction to regional Science. **MIT Press**. Cambridge, Massachusetts, 1960.

JORGE, C. A.; CASTILHO, M. Impacto da integração regional sobre os fluxos mundiais de Investimento Direto Estrangeiro. **Economia e Sociedade**, v. 20, n. 2, p. 365-395, 2011.

KENNEDY, P. E. Sinning in the basement: What are the rules? The ten commandments of applied econometrics. **Journal of Economic Surveys**, Hoboken, v. 16, n. 4, p. 569-589, 2002.

KRUEGER, J. S.; LEWIS-BECK, M. S. Is ols dead? **The Political Methodologist**, College Station, v. 15, n. 2, p. 2-4, 2008.

- KRUGMAN, P.; OBSTFELD, P. **Economia Internacional**. Pearson/Prentice Hall. 2010.
- LEAMER, E. E.; STERN, R. M. **Quantitative international economics**. Chicago, IL: Aldine, 1970.
- LEVIN, A.; LIN, C. F.; CHU, C. Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic And Finite Sample Properties. **Journal of Econometrics**, 108, p.1-24, 2002.
- LEUSIN, Jr. S.; AZEVEDO, A. F. Z.; LÉLIS, M. T. A vocação exportadora do Rio Grande do Sul: uma avaliação por meio do efeito fronteira. **Nova Economia**, n. 23(1), p. 101-128, 2013.
- LINDEMANN, H. **An Econometric Study of International Trade Flows**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1966.
- LISBINSKI, F. C. **Determinantes das exportações de frutas da Região Nordeste brasileira (2000-2018): uma análise sob a ótica do modelo gravitacional**. 2021. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- MAPA. **Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br>>. Acesso em: set. 2021.
- MATA, D. da; FREITAS, R. E. Produtos agropecuários: para quem exportar? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, p. 257-290, 2008.
- MCCALLUM, J. National Borders Matter: Canada U.S. Regional Trade Patterns, **American Economic Review**, June 1995, 85(3), p. 615-623.
- MIRIAN, L. F. C.; BRAUN, B. S. Barreiras comerciais sobre a exportação agrícola paranaense: aplicação de um modelo gravitacional e reflexos da crise de 2008. **Revista Interdisciplinária de Estudos Agrários**, N. 47, 2017.
- NASCIMENTO, F.; PREGARDIER JÚNIOR, D. A evolução do modelo gravitacional na economia. **Revista Saber Humano**, Recanto Maestro, n. 3, p. 163-175, 2013.
- PASS, T. European integration and eu eastward enlargement process in international trade: using a gravity approach for exploring bilateral trade flows. **The 42nd Congress of the European Regional Science Association**. Germany, Dortmund, 2002.
- PÖYHÖNEN, P. A Tentative Model for Volume in Trade Between Countries. **Welwirtschaftliches Archiv**, v. 90, p. 91-113, 1963.
- REIS, J. N. P.; CRESPO, J. E. Q. Um modelo econométrico para as exportações de açúcar do Brasil. **Agricultura em São Paulo**, v. 45, n. 1, p. 17-32, 1998.
- SABBATINI, R.; CORREA A. L.; HIRATUKA C. Investimento direto estrangeiro e impactos da ALCA: uma análise empírica. In: **Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia**, 2005.
- SANTOS, R. L. **A modernização da agricultura em Goiás na perspectiva da pesquisa agropecuária**. 1998. Dissertação (Mestrado em História das Sociedades Agrárias) – Programa de Pós-Graduação em História das Sociedades Agrárias, UFG, Goiânia.
- SANTOS SILVA, J. M. C; TENREYRO, S. The Log of Gravity. **The Review of Economics and Statistics**, v. 88, n. 4, p.641–658., 2006.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3ª edição revisada e atualizada. Florianópolis, 2001. 121 p.

SOUZA, M. J. P.; BURNQUIST, H. L. Facilitação de comércio e impactos sobre o comércio bilateral. **Estudos Econômicos** (São Paulo), v. 41, n. 1, p. 91-118, 2011.

TINBERGEN, J. **Shaping the World Economy**. New York: Twentieth Century Fund, 1962.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: out. 2021.

WANG, Z. K.; WINTERS, L. A. The trading potential of Eastern Europe. **Journal of Economic Integration**, p. 113-136, 1992.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução a Econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.