



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS
ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

JUAN LUCAS ALVES DE LIMA

EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE SOJA PARA OS
PRINCIPAIS DESTINOS: UMA ANÁLISE DE PERSISTÊNCIA
À CHOQUES

GOIÂNIA

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS ECONÔMICAS

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

Juan Lucas Alves de Lima

3. Título do trabalho

Exportações brasileiras de soja para os principais destinos: uma análise de persistência à choques

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

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[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:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) 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 **Waldemiro Alcântara Da Silva Neto, Professor do Magistério Superior**, em 02/06/2022, às 08:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamentono § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JUAN LUCAS ALVES DE LIMA, Discente**, em 06/06/2022, às 11:37, 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, informando o código verificador **2947862** eo código CRC **39E723C4**.

JUAN LUCAS ALVES DE LIMA

**EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE SOJA PARA OS
PRINCIPAIS DESTINOS: UMA ANÁLISE DE PERSISTÊNCIA
À CHOQUES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Economia Aplicada
Linha de Pesquisa: Métodos Quantitativos Aplicados e Mercados (MQM)

Orientador: Prof. Dr. Waldemiro Alcântara da Silva Neto.

GOIÂNIA

2022

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

Lima, Juan Lucas Alves de
Exportações brasileiras de soja para os principais destinos: uma análise de persistência à choques [manuscrito] / Juan Lucas Alves de Lima. - 2020.
67 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Waldemiro Alcântara da Silva Neto.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas (FACE), Programa de Pós-Graduação em Economia, Goiânia, 2020.

Bibliografia. Anexos.
Inclui siglas, mapas, abreviaturas, gráfico, tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Exportações Brasileiras. 2. Soja. 3. Memória longa. I. Silva Neto, Waldemiro Alcântara da, orient. II. Título.

CDU 33



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E
CIÊNCIAS ECONÔMICAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 02 da sessão de Defesa de Dissertação de Juan Lucas Alves de Lima, que confere o título de Mestre em Economia, na área de concentração em Economia Aplicada.

Aos trinta dias do mês de maio do ano de dois mil e vinte e dois, a partir das 16h15min, por meio de videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “Exportações brasileiras de soja para os principais destinos: uma análise de persistência à choques”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Waldemiro Alcântara da Silva Neto (PPGECON/UFG) Membro Interno/Orientador, Professor Doutor Sandro Eduardo Monsueto (PPGECON/UFG) Membro Interno/Examinador e o Professor Doutor Renilson Rodrigues da Silva (UFSJ), Membro Externo/Examinador. 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 Waldemiro Alcântara da Silva Neto, 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 trinta dias do mês de maio do ano de dois mil e vinte e dois.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Waldemiro Alcântara Da Silva Neto**, **Professor do Magistério Superior**, em 30/05/2022, às 17:17, 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 **Sandro Eduardo Monsueto**, **Professor do Magistério Superior**, em 30/05/2022, às 17:17, 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 **Renilson Rodrigues da Silva, Usuário Externo**, em 30/05/2022, às 17:25, 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, informando o código verificador **2903700** eo código CRC **BE47210C**.

Referência: Processo nº 23070.025513/2022-19 SEI nº 2903700

RESUMO

O agronegócio é um dos setores mais importantes no Brasil. Quase um terço do Produto Interno Bruto é oriundo do segmento. No ano de 2020, a participação do agronegócio correspondeu a cerca de 27% do PIB Nacional. Atualmente, a soja é o principal produto brasileiro do agronegócio, e por isso o país destaca-se por ser líder na produção e exportação mundial. Essa forma de produção está presente nos cinco cantos do Brasil, em dezenove estados e Distrito Federal. Além da forte produção, a soja brasileira está presente em uma enorme gama de destinos, chegando a 116 países que compram a soja brasileira. Diante da significativa importância que a soja tem para o Brasil, e por um dos principais *players* no cenário global, o objetivo deste estudo é analisar se as séries de exportações brasileiras para os principais destinos possuem memória longa, ou seja, se há persistência à choques exógenos. O método utilizado para identificar a presença de memória longa das séries de exportações é o cálculo do expoente de Hurst, H , e testes de quebra estrutural. O expoente é encontrado por meio de cálculos da estatística R/S e método DFA, e o teste de quebra estrutural LM. Os resultados apontaram que o mercado exportador brasileiro de soja é consolidado e que os choques não afetam de forma persistente e permanente as exportações.

Palavras-chave: Exportações Brasileiras; Soja; Memória longa;

ABSTRACT

Agribusiness is one of the most important sectors in Brazil. Almost a third of the Gross Domestic Product comes from the segment. In 2020, the participation of agribusiness corresponded to about 27% of the National GDP. Currently, soy is the main Brazilian agribusiness product, which is why the country stands out for being a leader in world production and export. This form of production is present in the five corners of Brazil, in nineteen states and the Federal District. In addition to strong production, Brazilian soy is present in a huge range of destinations, reaching 116 countries that buy Brazilian soy. Given the significant importance that soybeans have for Brazil, and for one of the main players in the global scenario, the objective of this study is to analyze whether the series of Brazilian exports to the main destinations have a long memory, that is, if there is persistence to shocks exogenous. The method used to identify the presence of long memory of the export series is the calculation of the Hurst exponent, H , and structural break tests. The exponent is found by calculating the R/S statistic and the DFA method, and the LM structural break test. The results showed that the Brazilian soybean export market is consolidated and that the shocks do not affect exports in a persistent and permanent way.

Key words: Brazilian exports; Soy; Long memory;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Países produtores de soja na safra 2019/20	17
Figura 2 - Produção e exportação mundial de soja, em toneladas.....	18
Figura 3 - Produção de soja entre os anos 2000 e 2020	19
Figura 4 - Porcentagem da produção brasileira que é exportada.....	22
Figura 5 - Exportação de soja brasileira, em toneladas.	23
Figura 6 - Países Importadores de soja brasileira, em toneladas.	25
Figura 7 - Países Importadores de soja brasileira, em toneladas.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução quinquenal da participação regional na produção de soja (toneladas) de 2000 a 2020.	20
Tabela 2 – Ranking dos principais países compradores de soja do Brasil entre 2000 e 2020.	24
Tabela 3 - Exportação do Brasil de soja para China, em toneladas.....	26
Tabela 4 – Estatística descritiva dos dados	40
Tabela 5 - Expoente de Hurst derivado da estatística R/S clássica, no período de 2000 a 2020.	43
Tabela 6 - Resultado análise DFA	44
Tabela 7 - Resultados do Teste LM, proposto por Lee e Strazicich (2003)	45
Tabela 8 - Aplicação R/S e DFA com Quebras.....	48
Tabela 9 - Comparação de Teste R/S	49
Tabela 10 - Comparação Análises DFA	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MERCADO DE SOJA	16
2.1 Panorama mundial da soja	16
2.2 Panorama do mercado brasileiro da soja	19
2.2.1 Produção	19
2.2.2 Exportação	22
2.2.3 Desafios para a continuidade do crescimento da produção e exportação da soja brasileira	26
3. REVISÃO DE LITERATURA	28
3.1 Memória longa	28
3.2 Expoente de Hurst (H)	29
3.3 Quebra estrutural	30
4. REFERENCIAL METODOLÓGICO	32
4.1 Séries temporais	32
4.2 Memória longa	32
4.3 Processo integrado fracionário	33
4.4 Expoente de Hurst	34
4.5 Cálculo do expoente de Hurst	35
4.5.1 Análise R/S clássica	35
4.5.2 Análise de funções destendenciadas (DFA)	36
5. DADOS E METODOLOGIA	39
5.1 Dados	39
5.2 Metodologia	40
6. RESULTADOS	42
6.1 Testes de memória longa	42
6.1.1 R/S Clássica de Hurst	42
6.1.2 Teste DFA	44
6.2 Teste de quebra estrutural	45
6.3 Reaplicação de testes	47
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERENCIAS	54
Anexos	57

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é um dos setores mais importantes do Brasil. Quase um terço do Produto Interno Bruto (PIB) é gerado por esse segmento. No ano de 2020, a participação do agronegócio correspondeu a quase 27% do Produto Interno Bruto – PIB, totalizando R\$ 1,9 trilhões. Também, foi responsável por empregar, aproximadamente, 18 milhões de brasileiros, correspondendo a 20% de todos os empregados em solo nacional (CEPEA, 2021). A balança comercial do agronegócio atingiu seu maior valor da história em 2020, alcançando a cifra de US\$ 87,8 bilhões, sendo responsável pelo superávit da balança comercial brasileira, que apresentou resultado negativo para os demais setores (CNA, 2021). Ademais, a soja é o principal produto exportado pelo agronegócio brasileiro, seguido por carne; em segundo, bovina *in natura*; e em terceiro, cana-de-açúcar, no *ranking* dos mais exportados.

Outrossim, o grão de soja é uma das principais fontes de proteína vegetal do mundo, utilizada para consumo alimentar humano e animal, o que a coloca como um dos grãos com maior produção e consumo mundial (SOUZA; BITTENCOURT, 2019). O Brasil, Estados Unidos e Argentina são os maiores produtores e exportadores mundiais de soja uma vez que, juntos, correspondem a 80% da produção e exportação mundial.

Dentre os países citados acima, o Brasil é o maior produtor e exportador de soja. No ano de 2020, a produção de soja brasileira alcançou 124 milhões de toneladas, o que foi um recorde histórico. Além disso, essa produção está presente nas cinco grandes regiões do Brasil, em dezenove estados e no Distrito Federal. As regiões Centro-oeste e Sul do Brasil são os maiores produtores de soja nacional. Os estados do Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul são, respectivamente, os maiores produtores de soja, detentores de aproximadamente 75% da produção nacional.

Assim, aproximadamente 80% da produção desse alimento é exportada. São 116 países que compram a soja brasileira. Em termos monetários, em 2020 o Brasil movimentou US\$ 35 bilhões gerados a partir do volume de 101 milhões de toneladas, cerca de 80% do total produzido. Parte dessa exportação já possuía destino certo, como China, Países Baixos, Tailândia, Espanha e Turquia, responsáveis por absorver grande parte das exportações naquele ano (AGROSTAT, 2021). Essas exportações contribuíram para um saldo positivo na balança comercial do agronegócio, fechando o ano de 2020 em US\$ 34 bilhões (CNA, 2021).

Diante da significativa importância que a soja tem para o Brasil, e por ser um dos principais *players* no cenário global, o objetivo deste estudo é analisar se as séries de exportações brasileiras, de soja, para os principais destinos possuem memória longa, ou seja,

se há persistência à choques exógenos. A persistência a choques, permite a seguinte interpretação econômica: o mercado brasileiro de soja é maduro e robusto, ou seja, apresenta resistência a choques exógenos, não afetando de forma persistente e permanente os níveis de exportação de soja para esses países, indicando que o mercado de exportação é consolidado internacionalmente.

Ou seja, diante de um choque, há movimento nos volumes e preços exportados de soja, mas, a tendência é a de que, após dissipado o choque, haja um retorno ao padrão anterior ao choque. São mercados consolidados internacionalmente, com um volume consistente exportado, com a presença de diversificados fluxos comerciais. A grande expansão territorial, como forma de descentralização, a existência de infraestrutura de escoamento com grande capacidade e a presença de instituições de apoio que funcionam, são fatores que explicam o fato de o choque não afetar permanente o mercado

A metodologia empregada para análise de persistência, nas séries de exportações, será o expoente de Hurst, representado por H , e teste de quebra estrutural LM. O expoente Hurst pode ser encontrado por meio de diferentes metodologias disponíveis na literatura. Porém, o presente trabalho utilizará estatística R/S clássica e método DFA (*Detrended Fluctuation Analysis*). O expoente é utilizado para identificar a presença de memória longa em uma série temporal, pois a identificação de memória longa pode caracterizar persistência. O teste LM, utilizado para detectar quebra estrutural em uma série temporal, será aplicado nas mesmas séries de exportação analisadas, pois a presença de quebra estrutural pode influenciar em testes de memória longa.

O trabalho está organizado em seis capítulos, incluindo esta introdução, e mais os anexos. O segundo capítulo dispõe a respeito do mercado de soja, divididos em duas partes, primeiro reunindo informações a respeito de produção, exportação e importação do grão a nível mundial.

A segunda parte dispõe a respeito da produção e da exportação do Brasil, apresentando detalhes de produção, como área plantada, região da plantação, e detalhes de exportação como principais parceiros, assim como a quantidade exportada do país.

O terceiro capítulo apresenta a revisão de literatura, no qual apresenta tópicos contendo informações sobre memória longa, expoente de Hurst, métodos para determinar o expoente de Hurst e de quebra estrutural. Todos os tópicos, exceto o relacionado a trabalhos aplicados a soja, apresentam informações como origem, aplicações em economia e aplicações para o caso brasileiro. O referencial metodológico e o quarto capítulo apresentam equações dos tópicos abordados no terceiro capítulo.

O quinto capítulo, a metodologia, está dividido em duas partes. Nele contém informações centrais para a realização desse trabalho. A primeira parte dispõe a respeito dos dados utilizados, como fonte, período analisado e estatística descritiva dos dados. A segunda parte apresenta informações sobre metodologia proposta para realizar o trabalho, e está presente a justificativa de escolha das exportações para os países analisados e procedimentos que foram seguidos para a elaboração desta dissertação.

Os resultados alcançados pelos testes listados são apresentados no sexto capítulo, junto com interpretações dos resultados. O sétimo, e último, apresenta as considerações finais do trabalho.

2. MERCADO DE SOJA

O presente capítulo apresenta informações a respeito do mercado de soja. Está dividido em duas subseções: a primeira parte apresenta informações de produção, exportação e importação em níveis mundiais; a segunda parte dispõe sobre produção e exportação brasileira, porém com detalhes como regiões produtoras, área de produção, fatia da produção que foi exportada, principais destinos dessas exportações, entre outras informações relevantes sobre o grão, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Panorama mundial da soja

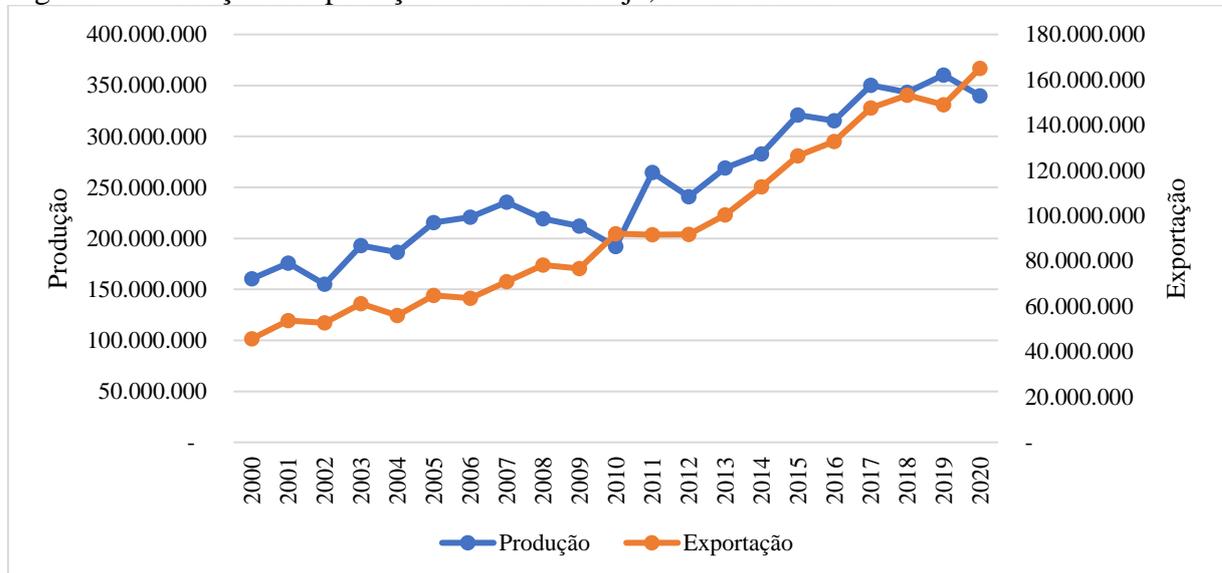
Essencial para o suprimento das necessidades de proteína humana e animal, e das demandas energéticas, atualmente a soja é indispensável para a economia mundial. Estima-se que quase 80% da soja consumida no mundo seja na forma de ração animal, devido ao seu alto e rico nível de proteína, fortalecendo as produções de proteína animal consumidas por seres humanos, a fim de suprir a crescente demanda mundial. Além de se beneficiar indiretamente com as rações que alimentam os animais, os seres humanos utilizam a soja em produtos alimentícios, presente em óleos, bebidas, alimentos veganos e alimentos especiais, bem como para intolerantes. Ela também é utilizada como base na composição de artigos não alimentares, como tintas, cosméticos, espumas, e até como combustíveis.

Essa grande demanda necessita de uma forte oferta mundial, e visando suprir todas as necessidades do mercado, a produção de soja está presente em um grande número países, conforme observado na figura 1. No ano de 2020, 62 países somados ao bloco formado pela União Europeia, composto por 27 países membros, produziram o grão e foram responsáveis pelo montante de 339 milhões de toneladas de soja, resultado de uma produção em uma área de 123 milhões de hectares.

Os maiores produtores daquele ano estavam localizados nas Américas, respectivamente, Brasil, Estados Unidos e Argentina. Juntos, os países produziram 80,6% de toda soja mundial, sendo o Brasil responsável por 37,8%; Estados Unidos 28,4%; e Argentina 14,4%, o que corresponde a 274 milhões de toneladas (USDA, 2021).

consequentemente atendendo com maior rapidez e com menor custo os demandantes do grão do que as parcerias comerciais tradicionais existentes.

Figura 2 - Produção e exportação mundial de soja, em toneladas



Fonte: Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela USDA.

Dessa maneira, as exportações mundiais de soja atingiram, em 2020, o total de 165 milhões de toneladas, que representa 49% do total produzido (USDA, 2021). Os maiores produtores também foram os maiores exportadores de soja, ou seja, Brasil, Estados Unidos e Argentina, responsáveis por 89,57% de toda soja exportada em 2020. Somando as exportações da Bolívia, Paraguai, Uruguai e Canadá ao montante dos três maiores, observa-se que as Américas foram responsáveis por exportar 97,12% da soja no mundo, categorizando o continente como o principal fornecedor do grão para o comércio mundial, o que implica em forte concentração do mercado.

Por outro lado, China e a União Europeia foram os maiores consumidores de soja, sendo o primeiro país citado o maior e o principal consumidor dessa commodity. No ano de 2020, a China importou 98,5 milhões de toneladas de soja, o que correspondeu a quase 6 vezes a quantidade importada pela União Europeia, que foi de 15 milhões de toneladas de soja. Entre as principais razões para o alto consumo, é possível evidenciar a grande demanda populacional, de um país habitado por 1,4 bilhões de pessoas, por alimentos vegetais e por proteína animal, no qual a soja é utilizada como ração para pecuária, e a indisponibilidade de terras produtivas, fazendo com que a China atenda praticamente todo seu mercado interno via importações.

Por outro lado, destaca-se também, Bangladesh, Egito, Indonésia, Japão, México, Paquistão, Rússia, Tailândia, Turquia, e Vietnã, pois são grandes importadores de soja. Isso é evidente uma vez que cada país importou, pelo menos, 2,5 milhões de toneladas, e juntos importaram aproximadamente 41 milhões de toneladas de soja no ano.

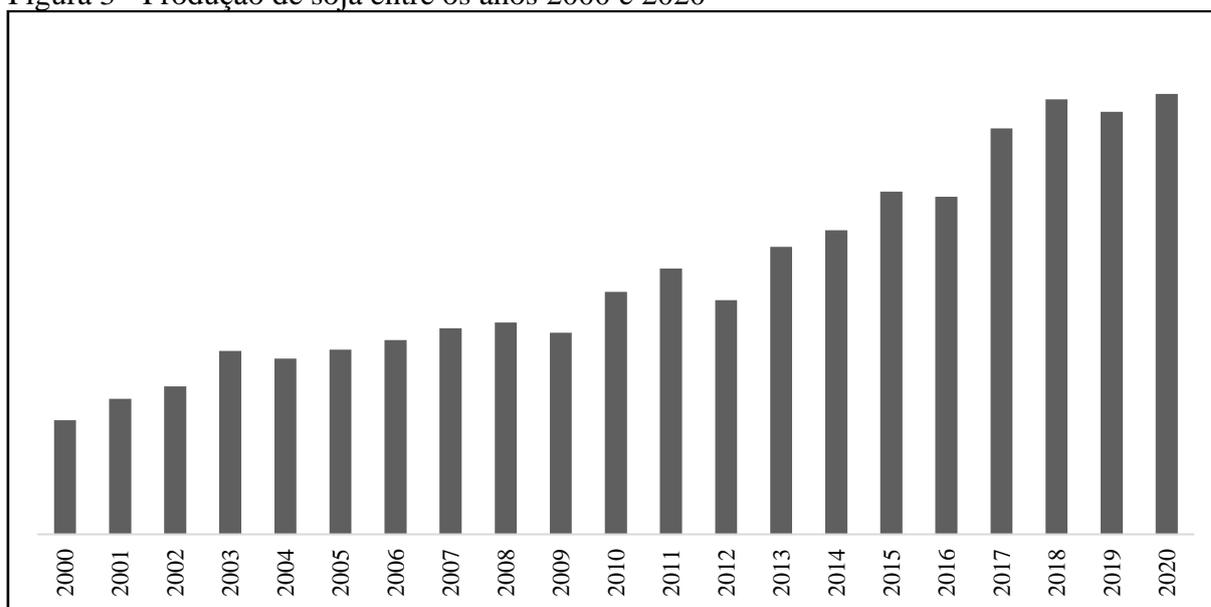
2.2 Panorama do mercado brasileiro da soja

2.2.1 Produção

Com a maior área de cultivo e maior produção no mundo, a soja constitui importante segmento da economia brasileira, figurando como um dos principais produtos do agronegócio nacional. Em comparação a outras culturas agrícolas, é observado que a soja é a cultura com maior participação agrícola em extensão territorial, garantindo o protagonismo brasileiro como um dos principais fornecedores de alimentos ao mundo.

Nesse sentido, dados apontam que atualmente a produção brasileira de soja é a maior do mundo. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – (CONAB, 2021), em 2020, o Brasil produziu quase 125 milhões de toneladas de soja, a maior produção já registrada em solo nacional, desde o início de sua produção com objetivo comercial, no Rio Grande do Sul, nos anos 1960. A figura 3 apresenta a evolução do volume de produção de soja em solo brasileiro, em toneladas, entre os anos 2000 até 2020.

Figura 3 - Produção de soja entre os anos 2000 e 2020



Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pela CONAB.

Seguindo a tendência mundial, observa-se o crescimento da quantidade de soja produzida. Entre 2000 a 2020, a taxa anual de crescimento foi 14,53% ao ano. O Brasil passou de 32 milhões de toneladas produzidas em 2000 para 125 milhões em 2020. Esse crescimento de produção também pode ser observado via comportamento da área total plantada de soja onde, no ano 2000, o grão apresentou 13,5 milhões de hectares plantados. No ano de 2020, a área plantada saltou para quase 37 milhões de hectares, apresentando taxa de crescimento anual de 10%.

Ademais, o cultivo do grão está espalhado pelas cinco regiões do país. Dados fornecidos pelo CONAB apontam que, no ano de 2020, a produção de soja esteve presente em 19 estados e no Distrito Federal. Essa presença colabora para o desenvolvimento regional, promovendo renda, gerando empregos, seja diretamente ligado a produção do grão, ou indiretamente, em toda cadeia produtiva. A tabela 1 fornece dados a respeito da evolução de produção de soja por região do Brasil, entre o período de 2000 e 2020.

Esse cultivo é responsável por promover o desenvolvimento, seja direta ou indiretamente, e amplia a cada ano sua presença no território nacional, fazendo com que a cultura seja amplamente difundida, tornando-o responsável por alavancar o PIB nacional em toda sua cadeia produtiva, e isso tem viabilizado o crescimento e o desenvolvimento do país.

Tabela 1 - Evolução quinquenal da participação regional na produção de soja (toneladas) de 2000 a 2020.

Ano/ participação %	Evolução da produção de soja (em milhões de ton)					
	Grandes Regiões					
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
2000	0.150	2.064	14.945	2.569	12.614	32.344
	0,47%	6,38%	46,21%	7,94%	39%	100,00%
2005	1.419	3.953	28.973	4.752	13.206	52.304
	2,71%	7,56%	55,39%	9,09%	25,25%	100,00%
2010	1.691	5.309	31.586	4.457	25.642	68.688
	2,46%	7,73%	45,99%	6,49%	37,33%	100,00%
2015	4.289	8.114	43.968	5.890	34.831	97.093
	4,42%	8,36%	45,28%	6,07%	35,87%	100,00%
2020	6.902	11.819	60.697	10.131	35.294	124.844
	5,53%	9,47%	48,62%	8,11%	28,27%	100,00%

Fonte - Elaboração própria com dados fornecidos pela CONAB.

As regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil foram grandes responsáveis pela maior parcela da produção brasileira de soja nos últimos 20 anos. Nessas regiões, pode-se destacar os estados do Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul, que juntos formaram o bloco de maiores estados produtores de soja no ano de 2020, e corresponderam a 75% da produção total do país naquele ano. Segundo dados fornecidos pela CONAB, no ano de 2020, as regiões plantaram, juntas, uma área de 28 milhões de hectares, divididas em 16 milhões de hectares no Centro-Oeste e 12 milhões de hectares na região Sul do Brasil.

Além disso, as regiões Norte e Nordeste devem ser destacadas devido ao seu aumento na participação na produção total e por seu crescimento na produção de soja. A região Norte, a uma taxa anual de 225%; e o Nordeste, a uma taxa anual de 23,63%, fruto do aumento da produção dos estados que não possuíam tradição na produção da soja, como Bahia, Maranhão, Pará, Piauí, Rondônia, Roraima e Tocantins. Esse crescimento também pode ser observado via análise de área plantada, que evoluiu de 910 mil hectares em 2000 para 5,4 milhões de hectares em 2020.

Todas as regiões brasileiras acompanharam o crescimento de produção. Enquanto a taxa de crescimento anual brasileira foi de 14,53%, a região Nordeste, a terceira maior produtora de soja, cresceu acima da taxa nacional, com 23,63%, enquanto as regiões Centro-Oeste e Sudeste obtiveram taxas de crescimento próximas a taxa nacional, com 15,39% e 14,71% respectivamente. A região sul do Brasil obteve crescimento de produção de 8,99%, porém foi a única região brasileira que diminuiu sua participação na produção total de soja.

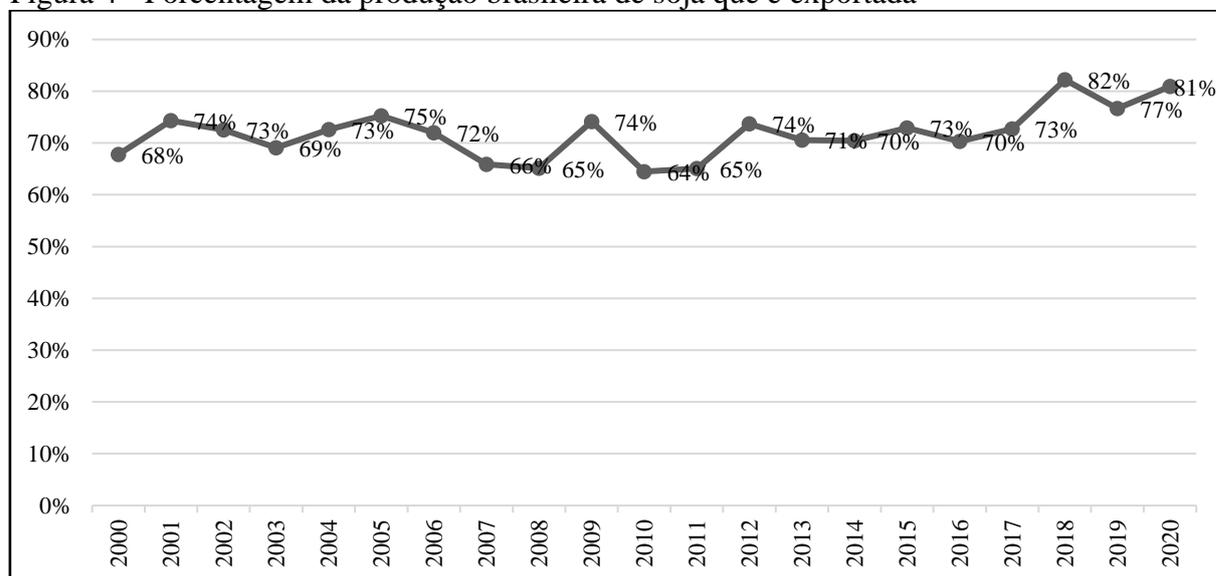
Essa descentralização de região de produção é benéfica para diversos setores, como para o mercado, para a sociedade e para o governo regional. Podemos destacar o avanço social, devido a geração de empregos e renda, desenvolvimento regional, geração de novos fluxos de comércio, otimização de logística, menores perdas de safra devido a pragas, doenças e alterações climáticas regionais, entre outras.

Esse fator da liderança pode ser explicado, dentre outros, devido ao país apresentar condições únicas de clima e de solo, e com área disponível para expandir o seu cultivo sem que a produção precise recorrer a florestas, bastando apenas ajustes no próprio sistema produtivo, o que colabora para uma boa visibilidade em tempos em que as boas práticas ambientais são fundamentais para negociação no mercado, consolidando ainda mais o país como líder em produção e exportação do grão no planeta.

Com real desvalorizado, os preços tornam-se mais competitivos internacionalmente, e com uma demanda externa aquecida, especialmente para a China e Europa, o destino de grande

parte da produção brasileira de soja é a exportação. A figura 4 apresenta o percentual da produção em solo nacional que foi exportada entre os anos 2000 e 2020.

Figura 4 - Porcentagem da produção brasileira de soja que é exportada



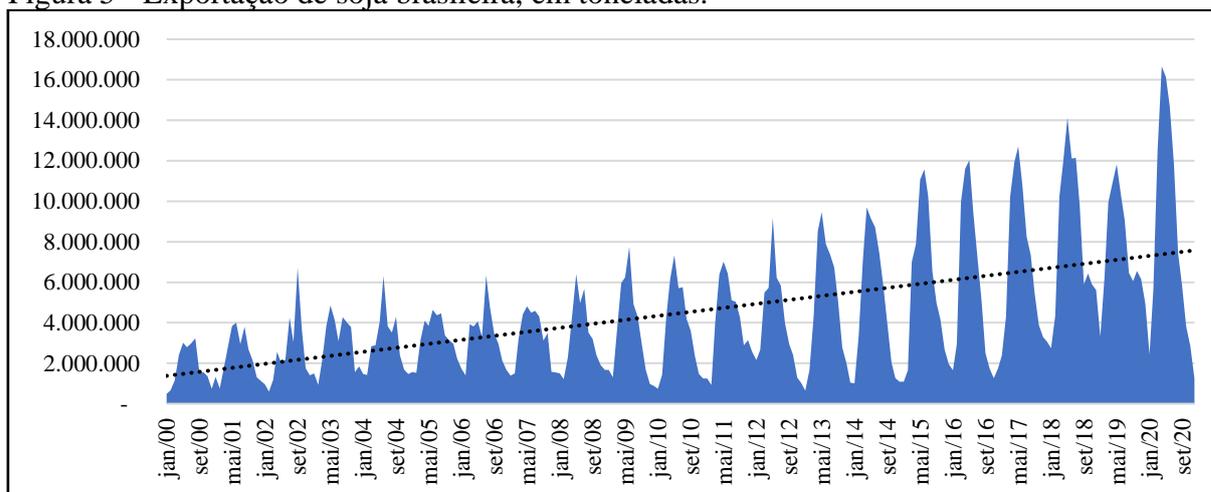
Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pela CONAB e a AGROSTAT.

Observa-se que o Brasil exportava 68% da sua produção total no ano 2000, aumentando para 81% em 2020, e isso pode ser explicado em virtude da grande demanda externa, principalmente da China, e a desvalorização da moeda interna frente ao dólar, tornando a soja mais rentável caso vendida ao comércio exterior do que ao mercado interno.

2.2.2 Exportação

A figura 5 apresenta o comportamento do volume de soja exportado mensalmente, em toneladas, entre janeiro de 2000 a dezembro 2020.

Figura 5 - Exportação de soja brasileira, em toneladas.



Fonte: Elaboração própria com dados do AGROSTAT (2021).

Diante dos dados acima, acompanhando a demanda mundial, produção e área plantada interna, é possível observar que o volume de exportações de soja também cresceu durante o período analisado. O volume de soja brasileira exportada no ano de 2020 foi quase 5 vezes maior do que a exportada no ano 2000. Dados retirados do sistema AGROSTAT apontam que, no início daquela década, o Brasil exportou 22 milhões de toneladas. 20 anos mais tarde, os números de volume exportado alcançaram 101 milhões de toneladas, o que representa uma taxa anual de crescimento de 18%.

Os países de destino e quantidades enviadas são diversos, o que é bom, pois revela uma grande gama de parceiros comerciais. No início dos anos 2000, o Brasil exportava para 68 países; em 2020, esse mix de países se ampliou para 116. A importância da exportação é indiscutível, visto que o grão foi o produto mais exportado em 2020.

Ainda, no período de 2000 a 2020, o Brasil teve vinte grandes compradores de soja. Esses países, em algum momento, entre os anos de 2000 a 2020, estiveram entre os 10 maiores importadores da soja brasileira. A tabela 2 apresenta o somatório da quantidade exportada, formando a relação dos principais destinos da soja brasileira nas últimas duas décadas.

Tabela 2 – Ranking dos principais países compradores de soja do Brasil entre 2000 e 2020.

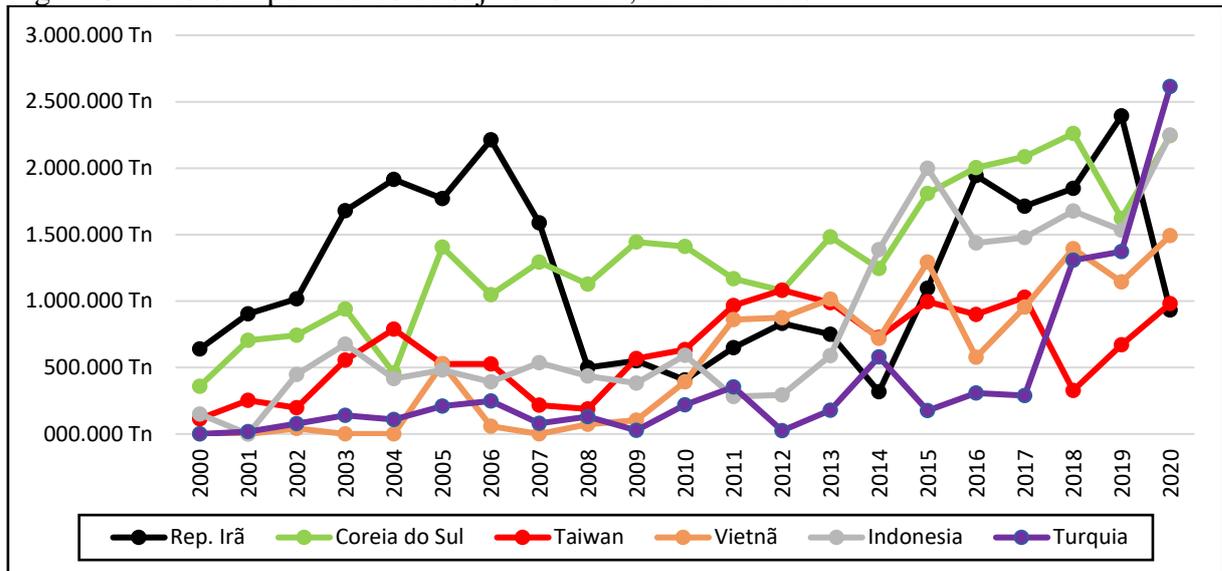
Países	Exportação (US\$)	Exportação (Ton)	Participação no mercado
China	213.461.363.647	535.216.312	51,54%
Países Baixos	39.400.651.446	119.386.491	11,50%
França	15.991.365.905	52.667.557	5,07%
Espanha	18.150.721.154	51.422.975	4,95%
Tailândia	16.740.471.732	45.481.691	4,38%
Alemanha	13.695.552.709	40.412.167	3,89%
Coreia Sul	9.459.353.159	27.936.188	2,69%
Irã	9.602.207.773	25.662.532	2,47%
Itália	6.527.344.097	20.745.599	2,00%
Reino Unido	5.628.687.758	17.496.370	1,68%
Indonésia	6.211.506.370	17.434.116	1,68%
Japão	4.934.595.926	14.317.018	1,38%
Taiwan	5.081.351.193	13.233.799	1,27%
Vietnã	4.542.049.876	11.518.078	1,11%
Portugal	3.479.452.513	10.770.836	1,04%
Bélgica	2.137.372.958	8.743.242	0,84%
Turquia	3.115.864.050	8.464.629	0,82%
Rússia	3.246.077.799	7.866.671	0,76%
Índia	4.988.310.522	7.416.554	0,71%
EUA	960.948.652	2.214.641	0,21%
Total	387.355.249.239	1.038.407.466	100%

Fonte: Elaboração própria com dados do AGROSTAT (2021).

Porém, analisando ano a ano, observa-se que ocorreram mudanças no comportamento comercial entre o Brasil e os parceiros. Enquanto alguns países diminuíram sua participação na importação da soja brasileira, conforme observado com França e Alemanha, outros aumentaram sua participação nos últimos anos, podendo destacar Tailândia, Espanha, Coreia do Sul e Indonésia.

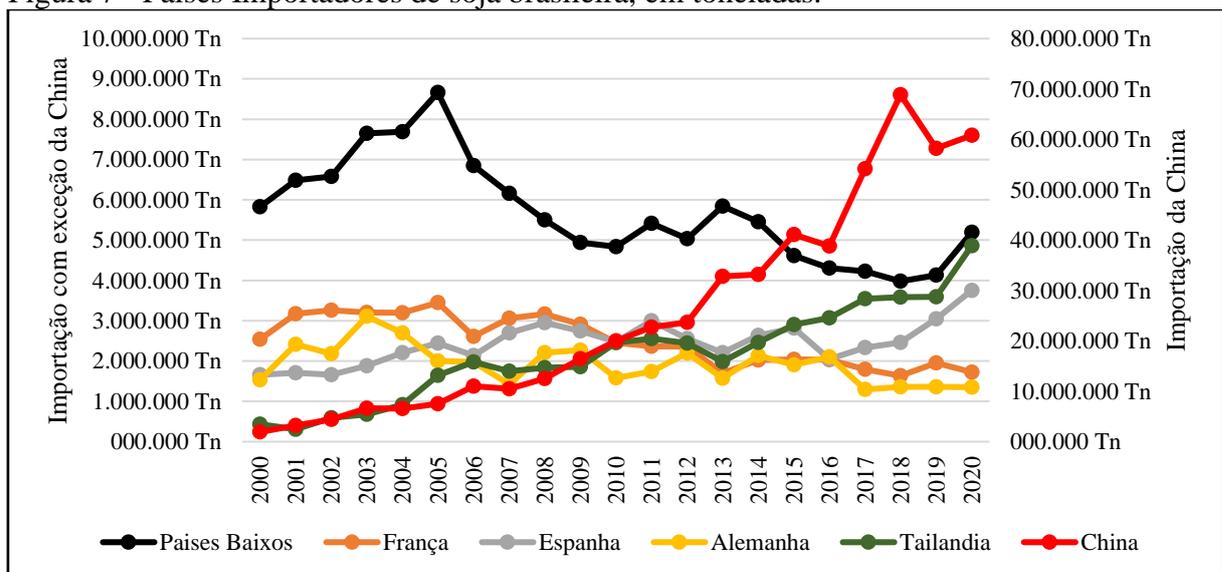
As figuras 6 e 7 apresentam graficamente o comportamento das exportações para os principais destinos da soja brasileira, que foram listados na tabela 2. A análise foi decomposta em duas figuras com único intuito de observar comportamento das exportações, o que não seria possível no caso de demonstração em figura única, devido à grande de disparidade entre volumes exportados.

Figura 6 - Países Importadores de soja brasileira, em toneladas.



Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pelo AGROSTAT.

Figura 7 - Países Importadores de soja brasileira, em toneladas.



Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pelo AGROSTAT

Diante disso, destacando a China, o principal destino da soja brasileira, a tabela 3 apresenta a evolução da exportação de soja brasileira com destino ao país asiático. Observa-se que, no início dos anos 2000, a China adquiriu cerca de 2 milhões de toneladas de soja. Esse país era o terceiro maior importador, atrás de Países Baixos e França. Devido à grande movimentação interna do país chinês no início dos anos 2000, houve aumento da densidade populacional nos grandes centros urbanos, e diminuição de trabalhadores no campo e, conseqüentemente, uma maior demanda acompanhada de uma menor oferta, somada a

dificuldade de produção interna devido ao fator terra, o que obrigou a China a demandar mais do mercado externo.

Tabela 3 - Exportação do Brasil de soja para China, em toneladas.

Ano	Desenvolvimento do volume de soja exportada para China	
	Quantidade	Participação na exportação total
2000	1.914	8,73%
2005	7.501	19,05%
2010	20.000	45,15%
2015	41.132	58,08%
2020	60.833	60,22%

Fonte: Elaboração própria, com informações do AGROSTAT.

Em 2005, o país passou ao posto de maior importadora de soja brasileira, desenvolvendo ano a ano o volume adquirido, atingindo sua maior compra em 2018, adquirindo aproximadamente 69 milhões de toneladas de soja. Em 2020, o número chegou a 60 milhões de toneladas. Além do crescimento do volume exportado, a participação na exportação total do grão também aumentou, conforme observado na tabela 3. No ano 2000, as exportações de soja para China correspondiam a 9% das exportações totais daquele ano, e em 2020 a China passou a ser o destino de 61% de toda soja exportada no ano.

2.2.3 Desafios para a continuidade do crescimento da produção e exportação da soja brasileira

O agronegócio do Brasil tem se afirmado cada vez mais e a produção de soja se consolidado a cada ano como o principal produto do segmento. As condições favoráveis seguem incentivando os produtores do grão, apresentando perspectivas de crescimento e acumulando recordes sobre recordes. Segundo projeções realizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA para a próxima década (2030 – 31), a oleaginosa deverá apresentar o maior crescimento entre as culturas agrícolas do Brasil na nova década. O estudo prevê um aumento de produção de soja, podendo garantir 175 milhões de toneladas, com a possibilidade de chegar a 208 milhões de toneladas.

Os avanços previstos são de acréscimo anual de 2,7% ao ano na produção, 2% no consumo doméstico, 2,6% para rações, seguindo a projeção de aumento de rebanho. Porém, a maior taxa de avanço anual está prevista para a exportação do grão, indicando avanço anual médio na ordem de 3%, o que garantiria pelo menos o envio de 116 milhões de toneladas ao exterior no final do período. Todavia, são números que devem ser tratados com certa parcimônia haja vista que, por se tratar de uma produção agrícola, está sujeito a variações na produção.

Outrossim, as produções de produtos agrícolas estão sujeitas à riscos, como a ocorrência de doenças e pragas, alterações climáticas, que podem provocar secas, geadas e desabastecimento de água, e desastres naturais como enchentes e tornados. A ocorrência de um desses fatores pode impactar diretamente na produção agrícola, ocorrendo quebras de produção, afetando a oferta doméstica e mercado externo.

A soja, como qualquer outro grão, também corre riscos de quebra de produção. Doenças conhecidas como ferrugem asiática, e doença do mofo-branco são as principais que afetam a cultura de soja, prejudicando diretamente o desenvolvimento da planta e sua produtividade. Alterações climáticas observadas nos últimos anos, nas regiões de plantio da cultura, como seca excessiva, geadas e chuvas em excesso afetam a produção e colheita do grão e conseqüentemente sua oferta ao mercado externo, ocasionando em choque de exportação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O presente capítulo apresenta informações sobre o método, em específico sobre a memória longa, expoente de Hurst, métodos para determinar o expoente de Hurst e quebras estruturais. O início do capítulo apresenta o desenvolvimento do conceito de memória longa, desde sua gênese até formas de detecção de memória longa em uma série temporal, focando nessa metodologia escolhida para realizar o trabalho. Nesse capítulo, serão abordados estimadores de Hurst. Trata-se de estimadores frequentemente utilizados pela literatura para determinar o expoente de Hurst. O capítulo é finalizado com tópicos a respeito de quebras estruturais e estudos sobre soja.

3.1 Memória longa

As aplicações das séries de memória longa são utilizadas com frequência em campos como hidrologia, climatologia e economia. No Brasil, o processo de memória longa é amplamente utilizado em estudos aplicados à área econômica, em diversas metodologias desenvolvidas pela literatura nos últimos anos. As principais aplicações são na área macroeconômica, como análise de comportamento da taxa de inflação, persistência em taxas de desemprego, taxa de câmbio e mercado acionário.

O estudo realizado por Fava e Alves (1998), onde analisaram a inflação, foi pioneiro em aplicar os conceitos de memória longa nos trabalhos brasileiros no campo econômico, porém é possível destacar também os trabalhos realizados por Rebelo, Silva e Lopes (2009); Figueredo e Marques (2009); Figueredo e Marques (2011); Silva e Vieira (2013) e Borges e Silva (2019) por desenvolverem trabalhos analisando a inflação brasileira. Marques e Fava (2011); Lima, Oliveira e Silva (2015) analisaram as taxas de desemprego no Brasil entre os anos de 1980 e 2002. No mercado acionário, podemos destacar os trabalhos realizados por Gaio e Sáfadi (2008).

Por outro lado, há certa carência de estudos sobre memória longa relacionados ao agronegócio brasileiro. No mercado da soja, porém com objetivo diferente do presente trabalho, Conte, Coronel e Amorim (2016) analisaram o comportamento da volatilidade do mercado do grão, farejo e óleo de soja. Podemos destacar o trabalho realizado por Ribeiro e Silva Neto (2020), no qual os autores analisaram séries de exportação de carne, com intuito de identificar persistência nas séries. O presente trabalho busca não só inovar na área explorada, ou seja, as

exportações de soja, mas também desenvolverá uma metodologia pouco utilizada nos trabalhos realizados no Brasil, por meio do expoente de Hurst.

3.2 Expoente de Hurst (H)

Os estudos de memória longa surgiram quando o hidrólogo inglês Harold Edwin Hurst passou a pesquisar sobre as séries anuais dos níveis de água do rio Nilo, no Egito. O artigo apresentado por Hurst identificou que um ano de alagamento é acompanhado por um ano sucessivo de bastante alagamento, e um ano com baixo volume na bacia indicava um próximo ano com menor fluxo fluvial, indicando persistência na série. Essa persistência é indicada através do expoente de Hurst, observado nos trabalhos Hurst (1951) e Hurst et al. (1965). Ao longo do tempo, diversas metodologias foram desenvolvidas para encontrar o expoente de Hurst. Diante disso, o presente trabalho utilizará a estatística R/S e DFA.

Nesse viés, baseado nos trabalhos realizados por Hurst, Benoit Mandelbrot acreditou na possibilidade de replicar a metodologia em outras áreas, e aplicou a metodologia desenvolvida por Hurst sobre memória longa, a partir de 1965, utilizando o expoente como ferramenta em seus estudos. Mandelbrot propôs a estatística R/S, ou de amplitude ajustada (rescaled range), como ferramenta para determinar o valor do expoente. O uso da estatística R/S para teste de memória longa em séries se popularizou devido a trabalhos realizados pelo autor, visto em Mandelbrot (1967); Mandelbrot e Wallis (1969) e Mandelbrot (1975). Ainda, Morettin (2006) afirma que, a partir da década de 1980, o tema passou a ser estudado e ter importância no campo econômico, em estudos referentes a ativos financeiros, taxa de câmbio, entre outros. Greene e Fielitz (1977) realizaram o primeiro estudo econômico utilizando a estatística R/S, aplicando-a com o objetivo de detectar a presença de memória longa no retorno de ações.

O método DFA, análise de flutuações retirando tendências, do inglês Detrended Fluctuation Analysis é um dos métodos mais utilizados em análises com o objetivo de estimar expoentes que caracterizam correlações de longo alcance. Essa forma é uma alternativa de análise desenvolvida em Peng et al (1994) aplicado em cadeias do DNA com a finalidade de estudar as propriedades das sequências de nucleotídeos e fornecer média quantitativa de longo alcance. Autores indicam que a análise realizada pelo método DFA evita falsas detecções de aparentes correlações de longo alcance. Essa é uma evolução à análise R/S clássica, pois possui o diferencial de ser utilizada em séries não estacionárias (CAJUEIRO; TABAK, 2005). Segundo Levy (2018), o método se mostra mais preciso para o cálculo do expoente de Hurst.

Por outro lado, é possível destacar, também, as metodologias KPSS, a estatística VS e a análise das variâncias das médias, pois também são utilizadas para encontrar o expoente de Hurst. Lee e Schmidt (1996) aplicaram a estatística KPSS, um teste de estacionariedade de séries temporais, introduzida por Kwiatkowski et al (1992), para testar a existência de memória longa em series temporais estacionárias e Lee e Amsler (1997) para séries temporais não-estacionárias. O desenvolvimento da estatística VS foi proposto por Giraitis et al. (2003) e diz respeito a estatística KPSS modificada.

Contudo, a utilização do expoente de Hurst para detectar memória longa em uma série temporal ainda é pouco explorada em trabalhos realizados no Brasil, e até o presente momento, não foram encontrados trabalhos aplicados existentes na literatura a respeito de análises do campo do agronegócio. No campo econômico, pode-se destacar os trabalhos realizados por Tabak, Cajueiro e Souza (2006) e Paiva et al (2013).

Tabak, Cajueiro e Souza (2006) mediram a evolução da memória de longo prazo da taxa de câmbio diária, isto é, real contra o dólar dos Estados Unidos, entre 1995 a 2004. Utilizando a análise R/S clássica, o trabalho identifica a persistência durante a vigência do regime de câmbio administrado e memória longa a partir da vigência do regime de câmbio flutuante. Esse estudo também apresentou evidências de presença de memória longa para as volatilidades dos retornos das taxas analisadas. Paiva et al. (2013) investigaram se as séries temporais dos retornos das principais ações do mercado brasileiro apresentam existência da memória de longo prazo. Foram estudadas ações pertencentes ao IBOVESPA entre janeiro de 2000 a fevereiro de 2012. O autor aplicou a metodologia baseada em cálculo do expoente de Hurst de cada ação. Os resultados indicam que todas as series das ações possuem uma memória de longo prazo.

3.3 Quebra estrutural

Um conceito importante e complementar na análise de memória longa é a aplicação do teste de quebra estrutural. Esses tipos de testes possuem como objetivo principal localizar a presença de mudanças de comportamento nas séries temporais estudadas, e são usados em conjunto, com testes de detecção de memória longa em série temporal. Nesse sentido, Morettin e Toloí (2006) afirmam que algumas fontes de ruído podem comprometer a análise. É necessário que se avalie possíveis casos de quebras estruturais nessa série. Ademais, Silva e Vieira (2011) justificam que esse procedimento é necessário, pois há o risco de ser concluído

um determinado nível de persistência, quando na verdade trata-se de uma quebra estrutural influenciando o resultado.

Desse modo, é possível citar os testes de Wald, proposto por Quandt (1960), e o teste elaborado por Chow (1960) como os primeiros testes de quebra estrutural conhecidos na literatura. Dickey e Fuller (1979) desenvolveram um procedimento para testar se uma variável possui raiz unitária, apresentada formalmente no teste desses autores, que ficou conhecido por ADF. O teste permitiu aplicações em séries econômicas, mais especificamente em séries temporais macroeconômicas. Os resultados apresentados deram um caminho para descoberta da raiz unitária de Nelson e Plosser (1982), Perron e Phillips (1987) dentre outros.

Além disso, Peron (1980) e Zivot e Andrews (1992) consideram testes de raiz unitária com quebras exógenas e endógenas avançados em relação a testes anteriores. Porém, estes possuem problemas, que podem levar a uma rejeição irreal da hipótese nula na presença de raiz unitária com quebras. Lee e Strazicich (2003) propuseram o teste LM de raiz unitária com duas quebras endógenas. As propriedades do teste LM não são afetadas por quebras na hipótese nula. A avaliação de possíveis quebras estruturais em uma série temporal é amplamente utilizado em estudos no Brasil, aplicados com frequência em conjunto com testes de detecção de memória longa.

4. REFERENCIAL METODOLÓGICO

O presente capítulo apresenta equações importantes a respeito da metodologia apresentada no capítulo três, composta pela revisão de literatura. Aqui, existem informações matemáticas e estatísticas introdutórias como séries temporais, memória longa e processo integrado fracionário, pois são necessários antes de desenvolver o expoente de Hurst. Apresenta-se, também, as expressões matemáticas dos estimadores dos expoentes de Hurst e do teste de quebra estrutural.

4.1 Séries temporais

Segundo Morettin e Tolo (2006), uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo. Modelos para séries temporais são classificados em paramétricos e não-paramétricos. O presente trabalho utiliza os modelos paramétricos, e possuem esse nome por utilizar um número finito de parâmetros.

Uma das suposições mais importantes sobre a série temporal diz respeito a sua estacionariedade. Uma série, Z_t , é considerada estacionária caso ela se desenvolva no tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante, refletindo alguma forma de equilíbrio estável. No caso de séries econômicas, é observado que as tendências são lineares positivas ou negativas. Séries não estacionárias são caracterizadas pela existência de tendências de variação.

4.2 Memória longa

Um processo de memória longa, em dados de séries temporais e espaciais, é um processo estacionário em que a função de autocorrelação (p_j) decresce suavemente para zero, isto é, decresce hiperbolicamente.

$$p_j \sim C_j^{2d-1}, j \rightarrow \infty \quad (1)$$

Tem-se que $C > 0$ é uma constante e $0 < d < 0,5$. A expressão confirma que o decaimento da função de autocorrelação decresce lentamente.

Para ser caracterizadas como séries com presença de memória longa, as séries analisadas devem possuir persistência nas autocorrelações amostrais, ou seja, uma forte dependência entre as observações separadas por um longo intervalo de tempo.

Supondo que X_t tenha autocorrelação p_j , ela possui memória longa se

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{j=-n}^n |p_j| = \infty \quad (2)$$

Caso a função autocovariância esteja tendendo a zero e possua decrescimento rápido, estamos diante do caso de memória de curto prazo.

4.3 Processo integrado fracionário

O procedimento realizado para testar se uma série temporal, Z_t , apresenta memória longa é estimar o parâmetro de longa dependência. O modelo é o processo integrado fracionário.

$$(1 - B)^d (Z_t - \mu) = U_t \quad (3)$$

Desse modo, tem-se que U_t é um processo estacionário, com espectro $f_u(\lambda)$, e para qualquer número real $d > -1$, define-se o operador de diferença fracionária.

$$\begin{aligned} (1 - B)^d &= \sum_{k=0}^{\infty} \binom{d}{k} (-B)^k \\ &= 1 - dB + \frac{1}{2!} d(d-1)B^2 - \frac{1}{3!} d(d-1)(d-2)B^3 + \dots, \end{aligned}$$

Assim,

$$\binom{d}{k} = \frac{d!}{k!(d-k)!} = \frac{\prod(d+1)}{\prod(k+1)\prod(d-k+1)}$$

Desse modo, se $0 < d < 0,5$, então Z_t é estacionária com memória longa. Se $-0,5 < d < 0$, dizemos que Z_t é estacionário com memória curta.

Os efeitos dos choques sobre modelos como integração no intervalo $0 < d < 1$ tendem a se dissipar ao longo do tempo, enquanto em série integradas com $d \geq 1$ eles são incorporados permanentemente.

Aplicando modelos de integração fracionária, como aplicados por Gewek e Porter-Hudak (1983) conhecido como estimação do parâmetro de integração fracionaria por regressão espectral, ou log-periodograma, e Robinson (1995) com estimador semi-paramétrico por log-periodograma, é possível encontrar o expoente H utilizando integração fracionaria d . A relação entre d e H é apresentada por Morettin (2011):

$$d = H - 0.5 \quad (5)$$

4.4 Expoente de Hurst

A persistência pode ser identificada através da manifestação de correlação de séries temporais. Conseguimos estudar essa propriedade em uma série temporal com o auxílio do expoente de Hurst ou expoente H .

A principal vantagem da análise da variação do expoente de Hurst ao longo do tempo é o fato de que, claramente, pode-se observar padrões de comportamento e tendências das séries dos valores do expoente H .

O expoente de Hurst é interpretado como uma medida para o efeito de memória longa em processos estocásticos. Ele mede a escala de um processo autossimilar, e significa como a variabilidade muda a partir do momento em que a série é agregada.

O expoente é definido em termos da amplitude reescalada em função da janela τ de uma série temporal como

$$E \left[\frac{R(t, \tau)}{S(t, \tau)} \right] = c\tau; \text{ com } \tau \rightarrow \infty \quad (6)$$

Em que a esperança é calculada para τ fixo e t variável.

Seja H o coeficiente de Hurst, então,

1. Valores de $0 < H < 0,5$ indicam uma série temporal com autocorrelação negativa, ou seja, são anti-persistentes, uma tendência positiva no passado é mais provável de se converter em tendência negativa e vice-versa;

2. Valores de $0,5 < H < 1$ indicam uma série temporal com autocorrelação positiva, ou seja, apresenta persistência, no qual uma tendência positiva no passado é mais provável de continuar positiva e vice-versa, e o nível desta persistência é medido quanto maior for o valor;

3. Valor de $H = 0,5$ indica um passeio aleatório “verdadeiro”, em que é igualmente provável uma autocorrelação positiva quanto negativa, ou seja o movimento é puramente aleatório.

4.5 Cálculo do expoente de Hurst

O expoente é amplamente utilizado em estimações de memória de longo prazo, e possui diversas formas de ser obtido. Para encontrar o expoente H , as metodologias mais aplicadas são a análise R/S clássica e DFA. Trata-se de um avanço em relação aos conceitos anteriores, que não permitiam a conclusão acerca da presença de memória longa nas séries, em específico o avanço está na estatística DFA, detalhada a seguir.

4.5.1 Análise R/S clássica

Com o nome “*rescaled range*”, Hurst (1951) introduziu a estatística R/S, um teste para conferir a existência de memória longa em séries temporais. Seja X_1, X_2, \dots, X_d as entradas (ex: níveis do rio) em d sucessivos anos, e \bar{X} a média empírica. O “R”, *adjusted range*, ou intervalo ajustado, é definido como

$$R(d) = \max_{0 \leq \ell \leq d} \left\{ \sum_{t=1}^{\ell} X_t - \ell \bar{X} \right\} - \min_{0 \leq \ell \leq d} \left\{ \sum_{t=1}^{\ell} X_t - \ell \bar{X} \right\} \quad (7)$$

O fator de normalização S é o desvio padrão definido como

$$S(d) = d^{-\frac{1}{2}} \left(\sum_{t=1}^d X_t^2 - d \bar{X}^2 \right)^{1/2} \quad (8)$$

Desse modo, a estatística utilizada por Hurst é dada por Q trata-se de um intervalo ajustado redimensionado, também chamado de estatística R/S:

$$Q(d) = \frac{R(d)}{S(d)} \quad (9)$$

Aplicando a estatística em seus trabalhos em rios, Hurst calculou a média dos valores para diferentes pontos de partida t_0 . Foram encontrados valores médios que oscilam em torno de d^H . O parâmetro H é chamado de expoente de Hurst.

Uma estimativa de expoente pode ser calculada. Assim sendo, uma estimativa natural, usando uma amostra de tamanho d , é obtida por

$$\hat{H} = \frac{\log(R(d)/S(d))}{\log d} \quad (10)$$

4.5.2 Análise de funções destendenciadas (DFA)

Este método é utilizado para identificar a presença de correlações de longo alcance em séries temporais não estacionárias. Assim, dada uma série temporal do indicador em estudo $z_i, i = 1, \dots, N$. Segundo Peng et al., o procedimento DFA consiste na execução de três passos:

1. Calcula-se o desvio de cada registro em relação a incidência média na série completa, integrando o sinal de z_i e obtendo $y(k) = \sum_{i=1}^k z_i - \bar{z}$. Um grande número de oscilações é eliminado, obtendo uma série estacionária. Em seguida, a série integrada $y(k)$ é dividida em intervalos de mesma amplitude n não sobrepostos;
2. Para cada intervalo de tamanho n , ajusta-se um polinômio de ordem 1 a $y(k)$, representado por $y_n(k)$, que por sua vez representa a tendência local na amplitude de tamanho n . Em consecutivo, a série $y(k)$ é subtraída de $y_n(k)$ para cada amplitude de tamanho n . A medida da flutuação da série para o intervalo de tamanho n é dado por:

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2} \quad (11)$$

Em que $F(n)$ representa uma média da flutuação para segmento e s representa um comprimento de escala; e

3. Temos que $F(n) \sim n^\alpha$, em que α é o expoente de correlação de longo alcance. Essa relação pode ser linearizada em um gráfico $\log F(n)$ e $\log n$, é representada por uma reta de inclinação α , que é o expoente desejado.

Portanto, a vantagem do método DFA reside no fato de conseguir eliminar tendências de diferentes ordens e detectar tendências com correlações polinomiais que mascaram a natureza das correlações. A série temporal é caracterizada com memória longa quando o expoente possui valor $\alpha > 0.5$. Assim sendo, para o valor $\alpha = 0.5$, a série temporal é não correlacionada (memória curta) e para valores $\alpha < 0.5$ a série temporal não apresenta memória longa.

4.5.3 Teste de quebra estrutural

Além dos testes para encontrar o expoente de Hurst, os testes de quebra estrutural são necessários em uma análise de presença de memória longa em séries temporais, trazendo robustez para os resultados apresentados, pois a presença de quebras estruturais que não foi detectada pode influenciar no resultado de memória longa encontrado. Diante disso, o presente trabalho utiliza o teste LM de raiz unitária com duas quebras endógenas, proposto e desenvolvido por Lee e Strazicich (2003) para detectar quebras estruturais. Segundo Silva e Gomes (2011), ao contrário dos testes convencionais, as propriedades do teste LM não são afetadas por quebras na hipótese nula.

Uma estatística de teste para esse estudo de raiz unitária pode ser obtida por meio da seguinte regressão:

$$\Delta u_t = g' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta \tilde{S}_{t-i} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Sendo:

1. \tilde{S}_t uma série sem tendência tal que $\tilde{S}_t = u_t - \tilde{\varphi} - Z_t \tilde{\delta}$, $t = 2, \dots, T$;
2. $\tilde{\delta}$ é um vetor de coeficientes na regressão de Δu_t em ΔZ_t e $\tilde{\varphi} = u_1 - Z_1 \tilde{\delta}$;
3. u_1 e Z_1 são as primeiras observações de u_t e Z_t , respectivamente;

4. $\Delta\tilde{S}_{t-1}, i = 1, \dots, k$, termos incluídos caso haja necessidade de correção da correlação serial;
5. Z_t é um vetor de variáveis exógenas definidas pelo processo gerado de dados.

Considerando duas mudanças no nível e na tendência, Z_t é descrito por $[1, t, D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}^*, DT_{2t}^*]'$ em que $D_{jt} = 1$ para $t \geq T_{Bj} + 1, j = 1, 2$, e zero caso contrário, $DT_{jt}^* = t$ para $t \geq T_{Bj} + 1, j = 1, 2$, e zero caso contrário, e T_{Bj} corresponde ao período das quebras. A hipótese nula do teste de raiz unitária é descrita na equação (12) por $\phi = 0$ e a estatística de teste é definida como $\tilde{\rho} = T\tilde{\phi}$. Para a hipótese nula ($\phi = 0$), $\tilde{\tau} =$ estatística t . Para determinar o local das duas quebras ($\lambda_j = T_{Bj}/T, j = 1, 2$), utilizamos $LM_\tau = \text{Inf}_\lambda \tilde{\tau}(\lambda)$.

5. DADOS E METODOLOGIA

O presente capítulo está dividido em duas partes: dados e metodologia. A primeira parte apresenta um breve resumo a respeito dos dados utilizados no presente trabalho, como fonte, período analisado e tabela com estatística descritiva dos dados; a segunda parte dispõe a respeito da metodologia proposta para realizar o presente o trabalho, como a justificativa da escolha dos países importadores que serão analisados, etapas que deverão ser seguidas para realizar a pesquisa e como realizá-las.

5.1 Dados

Para a elaboração deste trabalho, os dados utilizados foram retirados do sistema Agrostat¹, disponibilizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com objetivo de realizar a divulgação de estatísticas de exportação e importação brasileira de produtos agropecuários, disponibilizando dados de quantidade, fornecido em quilos, e moeda, fornecido em dólares. Foram selecionados dados mensais de volume de exportação de soja em quilos, que foram transformados para toneladas pelo autor. O período analisado foi de janeiro de 2000 a dezembro de 2020, totalizando 252 meses por país selecionado para análise. Desse modo, os países selecionados foram: Alemanha, China, Coreia do Sul, Espanha, França, Indonésia, Países Baixos e Tailândia.

A estatística descritiva dos dados de exportação para os países selecionados, isto é, Alemanha, China, Espanha, Coreia do Sul, França, Indonésia, Países Baixos e Tailândia está disponível na tabela 4. Esses valores são correspondentes a série de exportação de soja, em toneladas, para países.

¹ <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>

Tabela 4 – Estatística descritiva dos dados

	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Observações
Alemanha	161,51	143,62	486,28	0,00	252
China	2,123,874	1,013,614	10,649,789	0,00	252
Coreia	110,039	101,036	408,472	0,00	252
Espanha	206,71	184,09	786,52	0,00	252
França	208,998	201,803	596,043	15,234	252
Indonésia	69,056	49,980	364,892	0,00	252
Países Baixos	473,756	421,417	1,106,740	51,204	252
Tailândia	180,483	151,570	717,209	0,00	252

Fonte: Elaboração própria com dados do Agrostat (2021).

5.2 Metodologia

A seleção dos países para realizar a análise foi realizada seguindo dois critérios: participação nas exportações totais nos últimos 20 anos e mudança de comportamento no volume exportado para o país selecionado durante o período analisado.

Alemanha, China, França e Países Baixos são países que foram selecionados por estarem presentes no mercado nos últimos 20 anos. Alemanha e França diminuíram suas importações de soja com passar dos anos, porém ainda são grandes compradores. A China é o principal comprador do grão desde 2005 e foi responsável por importar 60% da exportação total brasileira em 2020, e Países Baixos é o segundo maior mercado e vem aumentando a quantidade comprada de soja brasileira ano a ano desde 2000. Coreia do Sul, Espanha, Indonésia e Tailândia foram selecionadas devido a mudança de comportamento no período analisado, todos eles apresentaram crescimento nos últimos anos, que pode ser observado graficamente na figura 7, na seção 2.2.2.

Diante disso, serão realizados testes de detecção de memória longa e quebra estrutural nas séries de exportação para a seleção de países. Essa análise será realizada em três etapas:

1. A primeira etapa consiste em analisar as séries de exportação para os países selecionados, para realizar testes de presença ou não de memória longa. Para isso, serão realizados os testes descritos na seção 4.4, ou seja, R/S clássico de Hurst e DFA. Os dois testes nos fornecem o expoente H , que determina a presença ou não de memória longa na série de exportação para os países;
2. A segunda etapa do trabalho irá aplicar testes de quebra estrutural, descrito na seção 4.5, nas mesmas séries de exportação para os países selecionados para realizar a etapa um. O teste se mostra fundamental, pois a presença de quebras estruturais na série pode influenciar no resultado obtido, e determinar a persistência diferente da real, ou seja, o expoente H apresentado na etapa 1 pode apresentar viés. A etapa poderá ou não apresentar quebra estrutural na série de exportação de soja para os países selecionados;
3. A terceira e última etapa consiste em reaplicar os testes de R/S clássica e DFA. Contudo, os testes devem ser aplicados em dois períodos distintos, caso a série apresente quebra estrutural. O primeiro período que os testes serão aplicados é o período inicial até o ponto onde existe a quebra estrutural na série. O segundo período consiste em aplicar os testes entre o ponto de quebra estrutural até o fim da série de exportação para os países selecionados.

A escolha de dois testes diferentes que possuem o mesmo objetivo, isto é, encontrar o expoente H , é fundamental para confirmar a veracidade da informação fornecida. No caso do presente trabalho, é a persistência ou não da série de exportação de soja brasileira para os países selecionados.

Os testes mencionados nas três etapas foram calculados nos softwares RStudio e WinRATS, em que os cálculos de R/S clássica e DFA são via RStudio e LM via WinRATS.

6. RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados alcançados, divididos em três tópicos. O primeiro tópico está subdividido em três seções, separados nas metodologias apresentadas no capítulo 5, começando por R/S clássica desenvolvida por Hurst e análise DFA; o segundo tópico apresenta os dados obtidos através do teste de quebra estrutural LM; e o terceiro e último tópico apresenta dados de teste de memória longa, adaptados aos resultados obtidos após aplicação e do Teste LM.

6.1 Testes de memória longa

A presente seção apresenta os resultados obtidos por meio da primeira etapa, descrita na seção 5.2.

6.1.1 R/S Clássica de Hurst

Utilizando a metodologia R/S clássica, foi encontrado valores do expoente de Hurst, H , para cada série de exportação de soja brasileira para os países selecionados. De acordo com a literatura, e demonstrado no capítulo 4, especificamente na seção 4.5, os valores do expoente H definem se uma série temporal apresenta memória longa, ou seja, possui persistência. Os dados apresentados na tabela 5 foram calculados com o auxílio do software RStudio, o pacote utilizado foi o “*pracma*”, e segundo o manual do pacote, nenhuma modificação deve ser realizada com o cálculo fornecido pela função “*hurstexp*”. O script utilizado para o cálculo está disponível no anexo I.

Tabela 5 - Expoente de Hurst derivado da estatística R/S clássica, no período de 2000 a 2020.

Países	H
Alemanha	0,72
China	0,94
Coreia do Sul	0,80
Espanha	0,62
França	0,86
Indonésia	1,00
Países Baixos	0,81
Tailândia	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme descrito na seção 4.5, a interpretação do expoente de Hurst é: para valores em que o expoente H é menor do que 0,5, a série temporal não apresenta memória longa, não apresentando persistência. Para valores maiores do que 0,5, a série temporal apresenta memória longa, possuindo persistência. Outrossim, para valores maiores do que 1,0, a série indica que um choque tem efeito permanente.

Analisando os resultados obtidos por meio da estatística R/S clássica, é possível constatar que Alemanha, China, Coreia do Sul, Espanha, França e Países Baixos possuem memória longa em sua série de importação de soja brasileira entre 2000 e 2020, pois apresentaram valores maiores do que 0,5 e menores do que 1, ou seja, é possível inferir que as exportações brasileiras de soja para esses países são persistentes e resistentes a choques, indicando que os mercados são maduros e robustos.

Ou seja, são mercados consolidados internacionalmente, com um volume consistente exportado, com a presença de diversificados fluxos comerciais e perturbações nos mercados não afetam de forma persistente as exportações. A grande expansão territorial, como forma de descentralização, a existência de infraestrutura de escoamento com grande capacidade e a presença de instituições de apoio que funcionam, como a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, são fatores que explicam o fato do choque não afetar permanente o mercado.

Indonésia e Tailândia apresentam valores 1,0, indicando que as exportações de soja para esses países sofrerão permanentemente caso aconteça choques, ou seja, é possível se inferir que os mercados ainda não são maduros e robustos.

6.1.2 Teste DFA

Utilizando a análise DFA, *Detrended Fluctuation Analysis*, metodologia descrita no capítulo 4, seção 4.5.3, no qual uma série temporal é caracterizada com memória longa quando o expoente possui valor $\alpha > 0,5$. Para o valor $\alpha = 0,5$, a série temporal é não correlacionada (memória curta); e para valores $\alpha < 0,5$ a série temporal não apresenta memória longa. Os dados apresentados na tabela 6 foram calculados com o auxílio do software RStudio. O pacote utilizado foi o “*nlinearTseries*”, e segundo o manual do pacote, nenhuma modificação deve ser realizada com o cálculo fornecido pela função “*dfa*”. O script utilizado para o cálculo está disponível no anexo II.

Tabela 6 - Resultado análise DFA

Países	DFA
Alemanha	0,73
China	0,69
Coreia do Sul	0,66
Espanha	0,56
França	0,75
Indonésia	0,76
Países Baixos	0,77
Tailândia	0,95

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse viés, analisando os resultados obtidos por meio do cálculo DFA, observa-se que as séries temporais dos volumes de exportações de soja do Brasil, para os países selecionados, entre 2000 e 2020, apresentam valores acima de 0,5, e isso indica a presença de memória longa, ou seja, apresentam resistência a possíveis choques, indicando uma tendência de maturidade do

mercado, ou seja, o mercado exportador é consolidado internacionalmente, com um volume consistente, diversificados fluxos comerciais e perturbações nos mercados não parecem afetar de forma persistente as exportações.

6.2 Teste de quebra estrutural

Conforme descrito na seção 4.5.4, o teste de quebra utilizado no presente trabalho foi proposto e desenvolvido por Lee e Strazicich, e foi popularizado como teste de quebra estrutural LM. O teste é essencial para determinar com maior robustez os resultados obtidos a partir dos testes de memória longa. Os dados apresentados na tabela 7 foram calculados com o auxílio do software WinRATS, utilizando a função *LSUNIT*. O script utilizado para o cálculo está disponível no anexo III.

Tabela 7 - Resultados do Teste LM, proposto por Lee e Strazicich (2003)

País	Quebra
Alemanha	02/2003 e 07/2007
China	12/2011 e 01/2018
Coreia do Sul	01/2005 e 12/2014
Espanha	11/2009 e 11/2018
França	11/2002 e 10/2009
Indonésia	12/2013 e 08/2016
Países Baixos	12/2005 e 01/2011
Tailândia	11/2008 e 11/2017

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir dos dados dessa tabela, observa-se a existência de quebras estruturais nas séries de exportações em todos os países listados.

No final de 2002 e início de 2003, as cotações na bolsa de Chicago estavam em alta. A soja apresentava aumento no seu valor desde 1998. A valorização do grão ocorreu devido aos Estados Unidos apresentar baixos estoques, o aumento da demanda mundial devido a menor produção de outras oleaginosas, aumentando a dependência do mundo por soja. Unindo a maior desvalorização cambial brasileira desde 1998, motivada pela mudança de política cambial, a menor oferta e demanda aquecida, a soja se tornou um produto caro e escasso no mercado.

A temporada de 2005 foi marcada pela forte quebra de produção em algumas regiões do Brasil, principalmente no Rio Grande do Sul, fruto de uma seca, e valorização do real frente ao dólar, reduzindo os preços em reais, diminuindo a rentabilidade do produtor. No ano anterior, 2004, com o real desvalorizado, o plantio foi realizado sob os preços de insumos importados, resultando em custos elevados, diminuindo a rentabilidade esperada, o que levou a um desânimo entre produtores, afetando diretamente a produção e a exportação.

Em 2007, os preços médios da soja saltaram para 39%, chegando a 28% nos primeiros meses de 2008. Isso foi reflexo do aumento do consumo em todo mundo, principalmente da China que aumentou sua demanda em 80% frente ao ano anterior, e maior procura para atender o mercado de biodiesel, que utiliza soja como matéria prima. Ademais, houve um alinhamento com uma oferta que não conseguiu acompanhar a demanda, consequência da diminuição da oferta devido aos Estados Unidos, um dos maiores produtores de soja daquele ano, reduzirem sua área plantada para plantarem milho, ocasionando no aumento das cotações internacionais do grão.

O clima foi o principal responsável pela quebra de produção em 2009. A forte estiagem no Sul, atraso de chuvas no Centro-Oeste e distribuição irregular na região Nordeste impactaram negativamente na produção do grão, apresentando valor 4,2% menor referente ao ano anterior.

Em períodos entressafras, como ocorre no final de cada ano, as exportações de soja do Brasil normalmente caem significativamente, devido a oferta escassa. Porém, em dezembro de 2011, o Brasil exportou 1,5 milhão de toneladas, um aumento expressivo na comparação com dezembro de 2010, quando o país embarcou 20% desse total. Os responsáveis por essa excepcionalidade foram a safra recorde para o ano, e a forte demanda vinda da China, que correspondeu a 70% de toda exportação do Brasil no ano.

Essa excepcionalidade, também, é observada na entressafra de 2014, ano em que os Estados Unidos e o Brasil tiveram grandes colheitas, auxiliando na formação de grandes estoques. Os grandes responsáveis foram a Coreia do Sul, que buscava diversificar sua dependência externa de soja da China, principal parceiro comercial do país, e dos Estados Unidos, e desvalorização cambial do real em relação ao dólar.

Diante de problemas climáticos, como a seca ocorrida no Mato Grosso, a produção de 2016 rendeu prejuízo bilionário em toda a cadeia produtiva, devido a diminuição de produção. Todavia, essa quebra não foi homogênea. Enquanto alguns estados como Piauí e Mato Grosso

apresentaram quebra de safra, outros aumentaram a produção e área produzida, como Distrito Federal e Pará, o que colaborou para que a produção não sofresse queda tão acentuada.

A estiagem no final de 2017, atrasou o plantio do grão, porém pouco impactou na produção do ano seguinte, que bateu recorde de produção como a maior já registrada. A grande produção, alinhada a quebra de safra Argentina causada pela seca intensa, diminuiu a produção do país vizinho em quase 40% e trouxe ao Brasil uma nova fatia de mercado, antes fornecida pela Argentina.

Por fim, observa-se que a mudança de tendência nas séries de exportação de soja pode acontecer, a partir de diversos fatores diferentes, afetando toda cadeia. As quebras estruturais identificadas em 2005, 2007, 2008, 2009 e 2016 aconteceram em anos os quais a produção brasileira teve impacto direto na produção, em razão das mudanças climáticas, diminuindo sua oferta, tornando o grão escasso, mais caro e de difícil acesso.

Porém, em outros anos com quebras detectadas, fica evidente que a participação do Brasil no mercado mundial da soja também pode acarretar mudanças no comportamento das séries de exportações. Em um mundo globalizado, as movimentações econômicas são sentidas por todos os países participantes do processo de produção e comercialização. Fatores como desvalorizações cambiais, busca por diversificação no fluxo comercial, substituição de outros grãos pela soja, diminuição de volumes produzidos e aumento da demanda foram observados nos anos 2002, 2003, 2011, 2012, 2014 e 2018, anos em que foram notadas quebras.

6.3 Reaplicação de testes após identificação das quebras estruturais

Após observar a presença de quebras nas séries de exportações de todos os países listados, apresentados na tabela 7, novos testes de memória são realizados, o terceiro e último passo conforme descrito no capítulo 5. Assim, tem-se os resultados apresentados na tabela 8. Os cálculos são resultados da reaplicação dos testes R/S clássico e DFA, porém em dois períodos distintos, antes e depois de cada quebra detectada, totalizando 8 testes por país, sendo 4 por quebra.

Tabela 8 - Aplicação R/S e DFA com Quebras.

País	Quebras	R/S		DFA	
		Antes	Depois	Antes	Depois
Alemanha	02/2003	0,56	0,69	0,58	0,61
	07/2007	0,72	0,77	0,53	0,48
China	12/2011	0,78	0,68	0,62	0,55
	01/2018	0,85	0,60	0,68	0,31
Coreia do Sul	01/2005	0,48	0,71	0,25	0,53
	12/2014	0,64	0,53	0,64	0,24
Espanha	11/2009	0,66	0,53	0,55	0,28
	11/2018	0,59	0,40	0,61	0,59
França	11/2002	0,59	0,85	0,51	0,87
	10/2009	0,50	0,50	0,39	0,57
Indonésia	12/2013	0,74	0,64	0,66	0,56
	08/2016	1,00	0,65	0,69	0,44
Países Baixos	12/2005	0,63	0,68	0,50	0,51
	01/2011	0,76	0,65	0,69	0,51
Tailândia	11/2011	0,89	0,76	0,97	0,69
	11/2017	0,94	0,73	0,99	0,23

Fonte: Elaboração pelo autor.

Observando os resultados do teste R/S, é possível concluir que, com exceção da Indonésia e da Coreia do Sul, todos os países apresentaram valores acima de 0,5, indicando que, antes de suas respectivas quebras, as séries possuíam memória longa, não sendo afetada por qualquer choque de forma permanente. Após a ocorrência dos choques, somente a Espanha não apresentou valores suficientes para detectar a memória longa na sua série temporal. A tabela 9 apresenta a comparação obtida via aplicação do teste R/S.

Tabela 9 - Comparação de Teste R/S

	R/S	Quebra	R/S (Antes da Quebra)	R/S (Depois da Quebra)
Alemanha	0,72	02/2003	0,56	0,69
		07/2007	0,72	0,77
China	0,94	12/2011	0,78	0,68
		01/2018	0,85	0,60
Coreia do Sul	0,80	01/2005	0,48	0,71
		12/2014	0,64	0,53
Espanha	0,62	11/2009	0,66	0,53
		11/2018	0,59	0,40
França	0,86	11/2002	0,59	0,85
		10/2009	0,50	0,50
Indonésia	1,0	12/2013	0,74	0,64
		08/2016	1,00	0,65
Países Baixos	0,81	12/2005	0,63	0,68
		01/2011	0,76	0,65
Tailândia	1,0	11/2011	0,89	0,76
		11/2017	0,94	0,73

Fonte: Elaboração pelo autor

Diante desses dados, observa-se que a Alemanha e a França apresentam valores acima de 0,5 em todos os períodos analisados, indicando persistência e maturidade com esse mercado, mesmo após a presença de choques, o que confirma o resultado do primeiro teste. No período apenas a Espanha, pós-choque de 2018 apresentou valores menores que 0,50, não detectando a memória longa na série temporal.

Ademais, Indonésia e Tailândia possuem números interessantes, pois o primeiro teste, que considerou toda série temporal, mostrava que as exportações de soja para esses países podem sofrer permanentemente caso aconteça choques, ou seja, é possível se inferir que os mercados ainda não são maduros e consolidados internacionalmente. Porém, os resultados antes e depois das quebras demonstraram a persistência a choques, pois apresentam valores menores que 1 e menores que 0,5.

Tabela 10 - Comparação Análises DFA

	DFA	Quebra	DFA (antes da quebra)	DF (depois da quebra)
Alemanha	0,73	02/2003	0,58	0,61
		07/2007	0,53	0,48
China	0,69	12/2011	0,62	0,55
		01/2018	0,68	0,31
Coreia do Sul	0,66	01/2005	0,25	0,53
		12/2014	0,64	0,24
Espanha	0,56	11/2009	0,55	0,28
		11/2018	0,61	0,59
França	0,75	11/2002	0,51	0,87
		10/2009	0,39	0,57
Indonésia	0,76	12/2013	0,66	0,56
		08/2016	0,69	0,44
Países Baixos	0,77	12/2005	0,50	0,51
		01/2011	0,69	0,51
Tailândia	0,95	11/2011	0,97	0,69
		11/2017	0,99	0,23

Fonte: Elaboração pelo autor

Os primeiros testes DFA, sem considerar as quebras, apresentaram valores acima de 0,5 para todas as séries de exportações para os destinos selecionados, ou seja, todas séries possuem memória longa. Aplicando os testes de quebra, observa-se que a Alemanha, Coreia do Sul, Espanha, Indonésia e Tailândia retornaram valor menor 0,5, indicando que a série não possui memória longa, e não possui persistência a choques.

Devido a sua comprovada aceitação em estudos econômicos, em uso desde os anos 1970, o presente trabalho utiliza os dados encontrados por meio da estatística R/S de Hurst, em conjunto de dados obtidos a a partir dos testes de quebra de Lee e Strazicich.

Os dados confirmam a hipótese central do trabalho sobre a existência de memória longa, mesmo com quebras de duas detectáveis nas séries temporais de exportação do Brasil para

Alemanha, China, Coreia do Sul, Espanha, França, Indonésia, Países Baixos e Tailândia, ou seja, são mercados maduros, consolidados e persistentes a choques.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como destacado, o mercado de soja é o principal produto do agronegócio brasileiro, constitui a base da economia local, responsável por promover renda e desenvolvimento em toda sua cadeia produtiva, desde o plantio até a sua industrialização ou exportação. Atualmente, o mercado exportador de soja brasileiro é o maior do mundo, colocando o Brasil como principal fornecedor da proteína para o mercado global.

Diante disso, é observado a necessidade de estudos que analisem o comportamento do mercado de soja. A contribuição deste trabalho se alicerça em dois pilares: i) a metodologia aplicada (teste de memória ou persistência aos choques) ainda não utilizada em séries de exportações de soja; e ii) a contribuição para o entendimento da dinâmica do mercado exportador de soja que vem se expandindo anualmente.

O presente trabalho busca aplicar análises de memória longa, conceito amplamente utilizado desde os anos de 1960, analisando a persistência à choques nas séries de exportações de soja brasileira para Alemanha, China, Coreia do Sul, Espanha, França, Indonésia, Países Baixos e Tailândia, entre janeiro de 2000 a dezembro de 2020. A persistência indica a robustez, ou seja, são mercados consolidados internacionalmente, com um volume consistente exportado, com a presença de diversificados fluxos comerciais e perturbações nos mercados não afetam de forma persistente as exportações. A grande expansão territorial, como forma de descentralização, a existência de infraestrutura de escoamento com grande capacidade e a presença de instituições de apoio que funcionam, são fatores que explicam o fato de o choque não afetar permanente o mercado

Para atender os objetivos do trabalho, foram usados testes do expoente de Hurst, utilizados para indicar a presença de memória longa em uma série temporal, utilizando os testes R/S clássicos e DFA, em conjunto com teste de raiz unitária LM. Porém, devido a sua comprovada aceitação em estudos econômicos, presente desde os anos 1970, o presente trabalho utiliza os dados encontrados por meio da estatística R/S de Hurst, em conjunto com dados obtidos a partir dos testes de quebra de Lee e Strazicich.

Com a aplicação dos testes de quebra e R/S clássico, as principais conclusões obtidas foram a constatação da existência de quebras estruturais nas séries de exportações para os países selecionados, ocasionadas não somente por fatores internos, mas também por fatores externos, afetando o comportamento no ponto, porém sem afetar a memória das séries, e a confirmação

de que mercado de soja brasileiro com os países selecionados mostra-se consolidado e persistente à choques.

Como sugestão para o futuro, recomenda-se a aplicação de outros testes de memória longa como o R/S modificado, desenvolvido por Lo, o tempo de dissipação do choque, e também a aplicação da metodologia aqui desenvolvida, porém, com a escolha de outros grãos ou produtos, igualmente importantes para economia brasileira, como o milho e o minério.

REFERENCIAS

- Barros, G.S.C; Castro, N.R.; Machado, G.C.; Almeida, F. M. S.; Almeida, A.N.; Silva, A.F.; Fachinello, A.L. **Mercado de trabalho do agronegócio brasileiro**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), Piracicaba, 2020.
- BORGES, Gustavo Mapeli; SILVA, Cleomar Gomes da. Uma análise do dilema da persistência da inflação de serviços no Brasil. **Nova Economia**, v. 29, p. 541-563, 2019.
- CAPORALE, Guglielmo Maria; GIL-ALANA, Luis; PLASTUN, Alex. Is market fear persistent? A long-memory analysis. **Finance Research Letters**, v. 27, p. 140-147, 2018.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA) E CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (CNA). **PIB do agronegócio brasileiro de 1996 a 2018**. Disponível em: < <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> >.
- CONTE, Bruno Pereira; ARRUDA CORONEL, Daniel; LOPES AMORIM, Airton. Análise da volatilidade do complexo brasileiro de soja em relação ao mundo. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 26-38, 2016.
- FAVA, Vera Lucia; ALVES, Denisard CO. Longa persistência nas taxas de inflação. **Brazilian Review of Econometrics**, v. 18, n. 2, p. 245-264, 1998.
- FIGUEIREDO, Erik Alencar de; MARQUES, André M. Inflação inercial como um processo de longa memória: análise a partir de um modelo Arfima-Figarch. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 39, p. 437-458, 2009.
- FIGUEIREDO, Erik Alencar de; MARQUES, André M. Inflação inercial sob mudanças de regime: análise a partir de um modelo MS-ARFIMA, 1944-2009. **Economia Aplicada**, v. 15, n. 3, p. 443-457, 2011 **
- GAIO, Luiz Eduardo; SÁFADI, Thelma. Memória longa na volatilidade do Índice BOVESPA: uma análise utilizando modelos da classe ARCH. **Revista de Economia e Administração**, v. 7, n. 2, 2008.
- GAIO, Luiz Eduardo; SÁFADI, Thelma. Memória longa na volatilidade do Índice BOVESPA: uma análise utilizando modelos da classe ARCH. **Revista de Economia e Administração**, v. 7, n. 2, 2008.
- GIL-ALANA, Luis Alberiko; OZDEMIR, Zeynel Abidin; TANSEL, Aysit. Long memory in Turkish unemployment rates. **Emerging Markets Finance and Trade**, v. 55, n. 1, p. 201-217, 2019.
- GREENE, Myron T.; FIELITZ, Bruce D. Long-term dependence in common stock returns. **Journal of Financial Economics**, v. 4, n. 3, p. 339-349, 1977.
- HAUBRICH, Joseph G.; LO, Andrew W. The sources and nature of long-term memory in the business cycle. 1989.

KWIATKOWSKI, Denis et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. **Journal of econometrics**, v. 54, n. 1-3, p. 159-178, 1992.

LAMOUCI, Rim Ammar et al. Long memory and stock market efficiency: case of Saudi Arabia. **International Journal of Economics and Financial Issues**, v. 10, n. 3, p. 29-34, 2020.

LEE, Dongin; SCHMIDT, Peter. On the power of the KPSS test of stationarity against fractionally-integrated alternatives. **Journal of econometrics**, v. 73, n. 1, p. 285-302, 1996.

LEE, Junsoo; STRAZICICH, Mark C. Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks. **Review of economics and statistics**, v. 85, n. 4, p. 1082-1089, 2003.

LIMA, Ricardo Chaves; GÓIS, Marcos Roberto; ULISES, Charles. Previsão de preços futuros de commodities agrícolas com diferenciações inteira e fracionária, e erros heteroscedásticos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 3, p. 621-644, 2007.

**

LIMA, Robson Oliveira; DE OLIVEIRA, Jailson Conceição Teixeira; DA SILVA, Murilo Massaru. Detectando quebra na longa memória: um caso do desemprego brasileiro. **Economia Aplicada**, v. 19, n. 4, p. 611, 2015.

LO, Andrew W. Long-term memory in stock market prices. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1279-1313, 1991.

MAIA, Sinezio Fernandes; JUBERT, Roberto Wagner; PAIXAO, Marcia Cristina. **Histerese no comércio internacional brasileiro: uma análise por modelos ARFIMA**. 2008.

MANDELBROT, Benoit B.; WALLIS, James R. Some long-run properties of geophysical records. **Water resources research**, v. 5, n. 2, p. 321-340, 1969.

MANDELBROT, Benoit. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. **science**, v. 156, n. 3775, p. 636-638, 1967.

MARQUES, André M. Persistência da taxa de câmbio real: um estudo a partir do estimador local de Whittle. **Nova Economia**, v. 25, p. 311-324, 2015.

MARQUES, Guilherme de OL; FAVA, Vera Lúcia. Persistência e memória longa sazonal na série de desemprego da região metropolitana de São Paulo. **Economia Aplicada**, v. 15, n. 2, p. 177-198, 2011.

MARQUES, Guilherme de OL; FAVA, Vera Lúcia. Persistência e memória longa sazonal na série de desemprego da região metropolitana de São Paulo. **Economia Aplicada**, v. 15, p. 177-198, 2011.

NELSON, Charles R.; PLOSSER, Charles R. Trends and random walks in macroeconomic time series: some evidence and implications. **Journal of monetary economics**, v. 10, n. 2, p. 139-162, 1982.

PAIVA, Felipe Dias et al. Séries aleatórias, antipersistentes ou persistentes: Uma investigação no mercado acionário brasileiro. **Tourism & Management Studies**, v. 3, p. 778-791, 2013.

Peng et al. Correlation approach to identify coding regions in DNA sequences. **Biophysical Journal**, v. 67, n. 1, p. 64-70, 1994.

PERRON, Pierre; PHILLIPS, Peter CB. Does GNP have a unit root?: A re-evaluation. **Economics Letters**, v. 23, n. 2, p. 139-145, 1987.

REBELO, A.; SILVA, C.; LOPES, D. Persistência inflacionária: Comparações entre o caso brasileiro e outros países emergentes. **Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia, Foz do Iguaçu: Anpec**, 2009.

RIBEIRO, Viviane P.; NETO, Waldemiro A. da Silva. Brazilian beef exports to the main destinations: a persistence to shocks analysis. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. spe1, p. 86-94, 2020.

SILVA, Cleomar Gomes da; GOMES, Fábio Augusto Reis. A persistência das flutuações no produto: Uma análise secular do crescimento econômico brasileiro. **Economia**, v. 12, n. 3, p. 383-406, 2011.

SILVA, Cleomar Gomes da; VIEIRA, Flávio Vilela. Persistência inflacionária regional brasileira: uma aplicação dos modelos arfima. **Economia Aplicada**, v. 17, p. 115-134, 2013.

SILVA, Cleomar Gomes da; VIEIRA, Flávio Vilela. Persistência inflacionária regional brasileira: uma aplicação dos modelos arfima. **Economia Aplicada**, v. 17, p. 115-134, 2013.

SOUZA, Klismann Alberto de; BITTENCOURT, Geraldo Moreira. Avaliação do crescimento das exportações brasileiras de soja em grão. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 48, 2020.

SOUZA, Sergio RS; TABAK, Benjamin M.; CAJUEIRO, Daniel O. Investigação da memória de longo prazo na taxa de câmbio no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 60, p. 193-209, 2006.

WANG, XiaoYue et al. Long-memory behavior analysis of China stock market based on Hurst exponent. In: **2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC)**. IEEE, 2017. p. 1710-1712.

Anexos

Anexo I - Script Teste R/S clássico realizado no RStudio.

#Teste R/S clássico

```

alemanha = read.table("Alemanha.txt",header = TRUE,
                      stringsAsFactors = FALSE)
as.numeric(as.character(alemanha$Toneladas))
alemanha$Toneladas = as.numeric(as.character(alemanha$Toneladas))

View(alemanha$Toneladas)
head(alemanha)
dim(alemanha)
str(alemanha)
mean(alemanha$Toneladas)
var(alemanha$Toneladas)
sd(alemanha$Toneladas)
summary(alemanha$Toneladas)

plot.ts(alemanha$Toneladas, col = 4, main = "Alemanha", xlab = NULL , ylab = NULL)
View(alemanha$Data)
install.packages("DFA")
library("DFA")
DFA(alemanha$Toneladas, scale = F, box_size = 4, m = 1)
install.packages("pracma")
library("pracma")
hurstexp(alemanha$Toneladas,d=50,display = TRUE)

china = read.table("China2.txt",header = TRUE,
                  stringsAsFactors = FALSE)

View(china)
dim(china)
str(china)
mean(china$Toneladas)
var(china$Toneladas)
sd(china$Toneladas)
summary(china$Toneladas)
plot.ts(china$Toneladas, col = 4, main = "China", xlab = NULL, ylab = NULL)
hurstexp(china$Toneladas,d=50,display = TRUE)

coreia = read.table("Coreia.txt",header = TRUE,
                   stringsAsFactors = FALSE)

View(coreia)
dim(coreia)
str(coreia)
mean(coreia$Toneladas)
summary(coreia$Toneladas)
sd(coreia$Toneladas)
plot.ts(coreia$Toneladas, col = 4, main = "Coreia do Sul", xlab = NULL, ylab = NULL)
hurstexp(coreia$Toneladas,d=252,display = TRUE)
hurstexp(coreia$Toneladas,d=50, display = TRUE)

#Espanha
espanha = read.table("Espanha.txt",header = TRUE,
                    stringsAsFactors = FALSE)

View(espanha)
dim(espanha)
str(espanha)

```

```

mean(espanha$Toneladas)
summary(espanha$Toneladas)
plot.ts(espanha$Toneladas, col = 4, main = "Espanha", xlab = NULL, ylab = NULL)

```

```

hurstexp(espanha$Toneladas, d=50, display = TRUE)

```

```

#França
franca = read.table("Franca.txt",header = TRUE,
                    stringsAsFactors = FALSE)
View(franca)
dim(franca)
str(franca)
mean(franca$Toneladas)
summary(franca$Toneladas)
plot.ts(franca$Toneladas, col = 4, main = "França", xlab = NULL , ylab = NULL)

```

```

hurstexp(franca$Toneladas, d=50, display = TRUE)

```

```

#indonesia
indonesia = read.table("Indonesia.txt",header = TRUE,
                       stringsAsFactors = FALSE)
View(indonesia)
dim(indonesia)
str(indonesia)
mean(indonesia$Toneladas)
summary(indonesia$Toneladas)
plot.ts(indonesia$Toneladas, col = 4, main = "Indonésia", xlab = NULL, ylab = NULL)

```

```

hurstexp(indonesia$Toneladas, d=50, display = TRUE)

```

```

#Países Baixos
paises = read.table("Paisesbaixos2.txt",header = TRUE,
                    stringsAsFactors = FALSE)
View(paises)
dim(paises)
str(paises)
mean(paises$Toneladas)
summary(paises$Toneladas)
plot.ts(paises$Toneladas, col = 4, main = "Países Baixos", xlab = NULL, ylab = NULL)

```

```

hurstexp(paises$Toneladas, d=50, display = TRUE)

```

```

#Tailandia
tailandia=read.table("Tailandia.txt", header = TRUE,
                     stringsAsFactors = FALSE)
View(tailandia)
dim(tailandia)
str(tailandia)
mean(tailandia$Toneladas)
summary(tailandia$Toneladas)
ton = tailandia$Toneladas
plot.ts(tailandia$Toneladas, col = 4, main = "Tailandia", xlab = NULL, ylab = NULL)
hurstexp(tailandia$Toneladas, d=50, display = TRUE)

```

Anexo II - Script Teste DFA realizado no RStudio.

#Teste DFA

```

install.packages("nonlinearTseries")
library("nonlinearTseries")

#carregar base de dados
alemanha = read.table("Alemanha.txt",header = TRUE,
                      stringsAsFactors = FALSE)

china = read.table("China2.txt",header = TRUE,
                  stringsAsFactors = FALSE)

coreia = read.table("Coreia.txt",header = TRUE,
                   stringsAsFactors = FALSE)

espanha = read.table("Espanha.txt",header = TRUE,
                    stringsAsFactors = FALSE)

franca = read.table("Franca.txt",header = TRUE,
                   stringsAsFactors = FALSE)

indonesia = read.table("Indonesia.txt",header = TRUE,
                      stringsAsFactors = FALSE)

paises = read.table("Paisesbaixos2.txt",header = TRUE,
                   stringsAsFactors = FALSE)

tailandia=read.table("Tailandia.txt", header = TRUE,
                    stringsAsFactors = FALSE)

dfa_alemanha = dfa(alemanha$Toneladas, npoints = 20,
                  window.size.range = c(10,200), do.plot = FALSE)
alemanha$Toneladas = estimate(dfa_alemanha, do.plot = TRUE)

dfa_china = dfa(china$Toneladas, npoints = 20,
                window.size.range = c(10,200), do.plot = FALSE)
china$Toneladas = estimate(dfa_china, do.plot = TRUE)

dfa_espanha = dfa(espanha$Toneladas, npoints = 20,
                  window.size.range = c(10,200), do.plot = FALSE)
espanha$Toneladas = estimate(dfa_espanha, do.plot = TRUE)

dfa_coreia = dfa(coreia$Toneladas, npoints = 20,
                 window.size.range = c(10,200), do.plot = FALSE)
coreia$Toneladas = estimate(dfa_coreia, do.plot = TRUE)

dfa_franca = dfa(franca$Toneladas, npoints = 20,
                 window.size.range = c(10,200), do.plot = FALSE)
franca$Toneladas = estimate(dfa_franca, do.plot = TRUE)

dfa_indonesia = dfa(indonesia$Toneladas, npoints = 20,
                    window.size.range = c(10,200), do.plot = FALSE)
indonesia$Toneladas = estimate(dfa_indonesia, do.plot = TRUE)

dfa_paisesbaixos = dfa(paises$Toneladas, npoints = 20,
                       window.size.range = c(10,200), do.plot = FALSE)
paises$Toneladas = estimate(dfa_paisesbaixos, do.plot = TRUE)

```

```
dfa_tailandia = dfa(tailandia$Toneladas, npoints = 20,  
                    window.size.range = c(10,200), do.plot = FALSE)  
tailandia$Toneladas = estimate(dfa_tailandia, do.plot = TRUE)
```

Anexo III - Script Teste LM realizado no WinRats.

```
OPEN DATA "D:\ECONOMIA\MESTRADO\DISSERTAÇÃO\Dados\R\Nova pasta\BD RATS.xlsx"  
CALENDAR(M) 2000:1  
DATA(FORMAT=XLSX,NOLABELS,ORG=COLUMNS, TOP=2) 2000:01 2020:12 COREIA ESPANHA  
FRANCA PB CHINA INDONESIA TAILANDIA  
@LSUNIT(MODEL=BREAK,BREAKS=2) ALEMANHA  
@LSUNIT(MODEL=BREAK,BREAKS=2) COREIA  
@LSUNIT(MODEL=BREAK,BREAKS=2) ESPANHA  
@LSUNIT(MODEL=BREAK,BREAKS=2) FRANCA  
@LSUNIT(MODEL=BREAK,BREAKS=2) PB  
@LSUNIT(MODEL=BREAK,BREAKS=2) CHINA  
@LSUNIT(MODEL=BREAK,BREAKS=2) ALEMANHA  
@LSUNIT(MODEL=BREAK,BREAKS=2) TAILANDIA
```

Anexo IV – Séries de Exportações de soja brasileira para respectivos países.

Data	Coreia do Sul	Espanha	Franca	Alemanha	Países Baixos	China	Indonésia	Tailândia
jan/00	0	6.575	60.774	0	189.557	0	0	0
fev/00	0	17.916	158.959	29.228	296.796	14.987	0	0
mar/00	0	106.404	212.300	142.552	473.365	6.000	0	0
abr/00	28.000	276.481	267.148	297.157	806.028	84.950	27.500	31.500
mai/00	64.175	256.406	387.210	260.390	859.382	90.492	66.963	36.452
jun/00	2.500	229.893	216.070	111.873	649.756	631.725	38.935	81.674
jul/00	100.709	163.567	194.139	84.173	546.115	642.127	14.619	125.317
ago/00	146.179	331.614	203.596	290.014	606.279	424.352	0	80.952
set/00	18.235	60.948	184.901	104.234	467.692	0	0	15.500
out/00	0	96.605	230.377	114.480	516.631	3.000	0	19.950
nov/00	0	67.565	277.189	71.286	281.759	1.434	0	36.574
dez/00	0	45.665	148.033	30.639	136.506	15.000	0	8.067
jan/01	0	38.450	244.264	94.533	355.965	0	0	0
fev/01	40.866	17.101	120.744	74.492	222.082	0	0	8.200
mar/01	28.121	84.476	182.155	376.058	371.609	36.122	0	15.334
abr/01	8.000	235.517	249.256	279.652	656.416	345.153	0	0
mai/01	81.664	239.418	277.308	258.241	589.416	797.315	0	43.162
jun/01	189.442	318.454	268.913	237.883	700.779	573.122	0	16.461
jul/01	17.722	160.812	284.395	309.360	675.620	404.005	0	49.728
ago/01	103.117	252.268	365.334	207.135	869.676	749.613	0	59.788
set/01	121.332	249.096	286.096	160.644	727.660	224.314	0	48.953
out/01	37.965	50.276	370.360	260.971	593.107	61.829	0	48.875
nov/01	7.555	3.000	324.259	85.661	405.115	17.850	0	16.618
dez/01	4.000	55.994	204.593	68.969	314.569	0	0	0
jan/02	0	65.176	192.099	40.000	334.186	0	0	0
fev/02	0	0	177.478	15.102	199.701	8.000	0	18
mar/02	44	25.835	65.567	158.829	439.873	0	0	18
abr/02	54.998	103.400	327.808	286.605	863.538	65.256	0	0
mai/02	34.711	134.411	250.320	136.708	275.913	175.248	0	52.614
jun/02	147.878	150.445	236.764	135.940	277.680	342.549	0	75.126
jul/02	82.224	242.498	273.792	378.957	724.510	822.370	77.226	105.087
ago/02	58.000	207.827	321.477	215.514	639.546	361.046	75.901	118.472
set/02	239.896	532.785	596.043	180.203	1.055.896	1.847.800	136.667	85.477
out/02	126.399	123.213	464.271	263.254	874.226	600.139	83.500	59.456
nov/02	0	61.975	190.242	196.705	460.631	151.313	74.917	51.699
dez/02	0	16.170	163.749	173.205	435.516	56.000	0	46.903
jan/03	0	56.535	323.205	67.000	569.065	1.250	23.066	0
fev/03	0	13.982	195.329	70.062	369.673	11.157	0	33.493
mar/03	54.600	79.775	223.384	250.669	420.764	356.883	14.775	0
abr/03	112.000	315.447	193.723	402.949	555.899	1.161.606	16	84.837
mai/03	106.479	165.594	407.611	371.065	671.623	1.476.655	113.881	39.350
jun/03	225.672	236.733	170.199	249.834	934.278	896.398	143.512	149.678
jul/03	129.184	188.302	133.627	266.682	513.981	762.669	25.503	48.306

ago/03	101.363	348.929	394.902	342.660	852.069	779.194	127.286	23.170
set/03	188.268	167.178	392.003	320.642	1.106.740	594.214	53.283	90.361
out/03	21.428	264.790	387.605	486.278	783.134	408.844	101.839	51.158
nov/03	0	34.235	112.497	102.128	310.239	114.300	55.638	142.425
dez/03	2.000	13.401	270.241	178.738	559.308	80.038	16.619	15.533
jan/04	0	91.463	310.170	118.076	316.214	165.800	51.343	17.442
fev/04	0	39.437	187.811	136.094	395.227	201.380	0	17.500
mar/04	4.500	334.239	305.601	300.637	583.119	357.390	0	0
abr/04	500	128.389	194.497	302.169	663.131	777.601	0	61.265
mai/04	47.026	138.998	201.851	302.839	806.698	909.958	68.301	49.957
jun/04	0	309.043	379.592	427.455	1.046.452	1.873.935	72.156	62.470
jul/04	163.071	459.864	218.214	253.297	742.806	641.995	15.325	179.518
ago/04	2.000	161.884	317.172	83.817	513.931	642.688	55.002	175.965
set/04	120.223	257.830	286.580	186.206	982.375	787.977	84.157	220.951
out/04	120.403	93.785	269.791	329.495	602.678	90.787	70.701	85.388
nov/04	1.000	152.684	280.265	100.338	492.950	65.313	0	32.406
dez/04	0	41.080	245.435	157.436	540.033	46.148	0	16.743
jan/05	38.349	113.233	281.818	103.887	326.398	23.750	110.593	40.870
fev/05	0	102.132	260.897	84.014	292.087	7.729	35.336	17.678
mar/05	96.130	145.939	252.189	222.337	636.644	646.803	15.719	172.721
abr/05	237.324	340.363	363.260	64.214	955.894	994.454	29.661	178.405
mai/05	14.757	248.833	281.426	202.349	967.358	626.660	47.575	197.561
jun/05	96.237	237.130	255.394	178.771	1.081.424	1.080.134	16.883	259.291
jul/05	113.119	319.517	288.291	277.861	840.414	1.181.654	40.766	139.819
ago/05	274.537	236.125	274.192	218.679	781.076	1.010.343	66.461	95.808
set/05	117.003	158.718	237.104	205.084	643.556	739.467	17.153	181.794
out/05	127.759	198.092	236.781	165.443	877.605	563.404	68.361	112.713
nov/05	100.152	132.230	440.399	180.987	772.023	278.727	0	186.473
dez/05	46.766	208.845	277.771	93.868	485.286	348.448	31.572	64.542
jan/06	55.359	84.010	103.072	94.937	487.298	188.501	0	70.627
fev/06	0	91.539	128.946	91.704	216.318	169.131	0	42.529
mar/06	105.903	248.947	268.734	242.602	665.171	1.210.019	0	252.914
abr/06	137.007	148.342	225.702	258.006	812.718	1.260.574	0	45.122
mai/06	81.443	117.941	128.057	163.664	825.698	1.609.221	16.037	91.597
jun/06	62.748	96.598	152.419	103.385	650.350	1.101.119	51.678	250.565
jul/06	207.254	272.693	364.016	286.167	827.430	2.274.792	46.187	328.114
ago/06	91.594	271.350	369.078	252.618	592.119	1.247.599	67.909	276.256
set/06	57.750	169.917	240.408	140.643	584.204	963.174	70.677	216.877
out/06	153.395	205.446	322.121	104.452	381.230	664.529	74.251	247.428
nov/06	95.053	195.262	159.218	119.863	436.993	231.548	0	85.140
dez/06	0	232.090	147.958	117.156	371.348	86.942	34.165	68.104
jan/07	0	98.379	182.085	49.344	328.869	9.323	110.500	60.890
fev/07	54.579	183.603	156.972	47.577	211.977	134.131	15.498	92.142
mar/07	55.007	344.288	246.927	37.851	495.811	916.673	0	134.095
abr/07	49.767	229.110	393.025	239.735	892.455	1.584.126	0	139.813
mai/07	322.613	272.897	394.944	160.614	757.333	1.399.920	8.407	188.253

jun/07	130.587	264.901	175.071	146.462	585.049	1.646.019	63.347	62.992
jul/07	144.619	294.168	268.337	66.720	656.069	1.454.499	19.244	302.713
ago/07	167.283	178.801	409.200	141.416	642.062	1.121.754	145.478	219.966
set/07	155.700	164.064	197.802	185.307	431.387	929.789	111.033	49.266
out/07	142.923	391.387	377.721	85.124	466.361	876.341	40.180	267.565
nov/07	58.722	137.229	147.942	111.760	375.761	346.424	7.005	78.733
dez/07	10.162	142.307	114.357	148.928	314.684	86.637	16.875	154.312
jan/08	0	115.123	176.539	139.851	388.369	47.043	5.432	103.887
fev/08	0	116.500	128.704	104.768	258.512	103.453	10.521	74.989
mar/08	37.874	212.644	205.698	72.558	377.393	646.316	61.264	165.467
abr/08	149.550	341.956	187.754	70.352	640.262	1.905.890	56.869	181.383
mai/08	259.409	322.379	422.120	220.370	726.484	2.521.888	99.573	171.224
jun/08	132.165	274.239	322.913	307.333	562.858	1.867.245	57.025	303.917
jul/08	86.510	384.123	301.512	367.431	778.618	2.699.118	51.116	120.524
ago/08	143.386	327.937	227.903	126.820	429.039	1.261.935	56.151	172.400
set/08	155.073	146.539	349.810	319.066	351.373	903.527	15.498	130.887
out/08	94.757	233.416	243.041	178.068	352.893	313.123	0	201.707
nov/08	67.522	175.739	251.357	142.216	389.277	198.170	20.537	210.519
dez/08	0	300.599	346.112	157.258	250.436	59.545	0	0
jan/09	21	137.417	340.883	184.909	316.590	82.398	0	58.090
fev/09	0	172.219	157.817	71.970	180.036	259.012	14.336	17.198
mar/09	92.131	356.700	288.199	139.037	571.321	1.214.816	0	245.822
abr/09	294.373	457.972	373.873	237.330	526.999	2.825.783	30.834	153.462
mai/09	271.718	316.456	300.721	301.741	471.512	2.989.783	33.616	217.941
jun/09	244.761	229.621	238.180	271.078	693.259	4.235.610	60.686	341.282
jul/09	219.018	384.079	206.476	258.047	427.837	1.884.403	117.996	297.859
ago/09	171.445	313.518	240.067	152.718	419.951	1.879.292	78.059	118.577
set/09	130.897	165.910	254.764	168.781	383.979	786.897	47.120	192.102
out/09	18.749	95.233	184.293	276.972	295.720	278.344	0	142.106
nov/09	1.500	89.873	149.607	79.414	335.166	30.870	0	26.873
dez/09	43	23.313	177.451	127.896	318.314	3.500	0	51.055
jan/10	0	15.000	93.653	93.794	190.995	0	0	64.829
fev/10	0	125.917	80.632	95.036	342.258	278.591	0	105.048
mar/10	173	373.282	226.580	77.381	497.841	2.252.269	96.161	203.884
abr/10	144.175	172.098	184.633	136.813	587.781	3.679.695	44.412	268.279
mai/10	408.472	223.221	261.457	225.537	545.333	4.275.393	60.401	90.120
jun/10	186.493	293.332	245.956	130.475	507.652	2.807.554	90.191	344.730
jul/10	183.207	339.726	293.312	234.821	361.741	3.190.007	160.013	245.304
ago/10	185.150	382.147	167.361	114.270	344.307	1.750.085	0	349.809
set/10	106.394	123.808	248.892	157.004	422.070	1.426.938	119.003	103.147
out/10	140.746	203.536	268.250	111.628	410.311	266.155	0	300.771
nov/10	152	101.691	209.315	121.128	290.469	73.735	8.045	221.500
dez/10	54.750	122.990	173.534	83.001	335.134	0	14.351	165.364
jan/11	57.082	98.751	173.152	96.681	282.634	22.467	0	83.220
fev/11	0	48.203	127.999	113.530	178.694	112.626	0	99.272
mar/11	195	403.592	111.231	94.144	738.135	1.723.920	8.063	285.549

abr/11	170.239	225.008	261.626	183.727	649.446	3.733.044	11.845	61.864
mai/11	106.747	345.251	250.864	223.861	723.610	3.837.380	21.873	316.176
jun/11	213.896	599.803	284.219	218.118	401.430	3.227.082	90.690	198.723
jul/11	87.097	169.376	216.520	158.513	437.661	2.926.837	32.139	140.719
ago/11	119.221	133.391	185.571	178.429	473.062	2.372.686	37.935	391.859
set/11	140.628	256.163	209.430	142.012	395.712	2.012.076	41.013	145.510
out/11	137.664	119.359	251.067	143.797	377.844	736.684	13.420	375.243
nov/11	64.107	305.940	126.222	73.042	409.232	1.118.839	24.528	216.588
dez/11	70.609	297.070	168.097	110.932	350.750	934.794	0	241.566
jan/12	76.131	179.591	263.077	170.072	300.485	619.729	15.779	74.699
fev/12	96.506	231.312	123.165	72.257	384.174	829.002	0	225.625
mar/12	49.742	480.917	258.971	199.932	441.680	3.012.107	35.228	216.692
abr/12	93.170	164.091	206.985	186.045	609.031	3.350.568	16.747	135.749
mai/12	150.462	245.843	368.977	285.867	499.900	5.892.046	2.102	313.173
jun/12	131.995	486.545	75.184	82.604	401.075	3.696.514	44.592	281.067
jul/12	232.095	274.694	259.485	264.430	691.685	2.846.587	14.272	194.955
ago/12	54.660	184.575	165.915	194.174	221.693	1.992.710	55.454	291.381
set/12	106.432	119.906	294.539	195.907	270.248	853.964	78.168	164.949
out/12	73.260	99.935	82.831	216.145	361.488	440.206	13.750	351.854
nov/12	0	88.394	189.473	136.368	396.695	108.199	16.682	80.965
dez/12	14.178	0	71.898	192.506	459.388	48.170	0	110.086
jan/13	0	0	115.187	71.663	175.438	13.969	22.321	35.505
fev/13	60.240	51.861	57.365	52.036	301.212	673.387	17.679	73.059
mar/13	113.545	178.503	64.017	80.513	436.100	2.653.600	28.791	71.928
abr/13	164.739	230.130	234.133	75.173	704.369	5.662.955	92.187	302.755
mai/13	222.091	152.245	290.204	85.112	847.311	6.786.346	92.125	193.081
jun/13	223.601	267.799	124.671	131.645	531.786	5.134.939	35.550	179.272
jul/13	194.441	430.219	264.272	260.942	593.919	3.936.723	80.858	260.955
ago/13	91.868	275.922	79.331	237.719	609.673	3.851.256	19.597	287.070
set/13	18.639	274.520	190.646	175.680	526.493	2.561.414	68.711	139.359
out/13	169.212	169.927	209.574	146.113	312.869	1.210.010	57.586	141.943
nov/13	118.303	175.524	50.543	152.355	491.634	289.279	57.474	238.647
dez/13	105.673	220	21.226	101.986	312.349	32.618	17.280	62.803
jan/14	0	0	142.103	143.445	359.556	20.865	34.951	64.213
fev/14	52.421	71.824	69.378	67.295	230.420	2.347.176	79.799	92.060
mar/14	62.396	289.786	127.458	122.052	396.880	5.163.168	38.924	218.071
abr/14	127.377	279.735	157.823	171.911	860.508	5.972.180	193.302	307.993
mai/14	307.907	334.228	156.168	190.757	571.856	5.798.138	155.426	281.863
jun/14	169.380	445.893	304.467	178.241	917.241	4.651.470	255.578	192.177
jul/14	227.031	301.772	163.606	376.564	646.737	3.917.675	61.942	283.108
ago/14	63.121	304.941	190.287	150.658	515.665	3.169.446	190.480	227.049
set/14	108.004	300.406	182.622	267.543	170.276	1.691.351	48.844	409.744
out/14	104.173	237.755	200.896	149.777	309.457	254.267	118.027	188.598
nov/14	7.415	65.066	103.151	172.475	307.130	107.209	102.849	134.331
dez/14	16.620	449	225.545	146.176	167.010	80.375	106.264	62.353
jan/15	75.732	0	58.716	59.891	202.353	108	127.796	105.806

fev/15	40.460	183.330	114.599	128.654	177.392	492.785	125.518	74.199
mar/15	223.072	310.413	144.640	68.175	318.442	4.561.454	176.635	297.591
abr/15	251.066	193.184	293.722	308.353	350.201	4.996.736	132.987	74.286
mai/15	124.821	441.614	265.093	308.083	581.445	7.061.719	230.295	589.856
jun/15	264.837	400.448	275.880	259.995	603.790	7.684.786	230.461	304.676
jul/15	182.554	286.844	257.139	105.300	811.416	6.460.233	250.466	308.514
ago/15	52.700	355.179	113.677	118.209	391.053	3.711.613	77.676	360.359
set/15	253.874	118.459	201.754	140.925	261.664	2.997.273	91.931	80.247
out/15	177.412	212.762	150.457	142.732	367.856	1.729.248	255.165	313.890
nov/15	96.878	162.075	47.380	104.284	325.161	1.004.580	242.134	250.750
dez/15	67.050	155.814	119.549	158.067	226.643	431.819	58.128	140.952
jan/16	62.994	28.563	194.242	99.812	284.922	317.973	124.467	239.891
fev/16	165.192	61.459	40.691	19.679	211.765	1.591.494	180.036	128.199
mar/16	322.916	290.398	288.327	225.864	518.933	6.606.717	117.896	408.930
abr/16	254.772	360.582	139.787	243.890	389.479	7.988.204	191.679	325.713
mai/16	281.833	420.103	290.982	473.095	730.369	7.258.701	138.166	457.641
jun/16	151.877	334.309	241.151	304.987	668.798	5.879.115	158.658	291.645
jul/16	217.648	266.442	262.775	179.618	291.190	4.163.703	347.771	317.401
ago/16	151.876	118.463	146.977	178.269	470.589	2.646.023	18.712	319.801
set/16	192.000	78.250	204.951	288	116.080	859.089	52.635	211.328
out/16	37.845	0	49.943	148.717	230.600	823.236	32.249	92.874
nov/16	57.727	28.369	65.117	75.742	183.231	205.938	51.188	172.515
dez/16	107.316	58.519	109.376	156.041	211.727	479.613	24.540	104.134
jan/17	146.109	105.372	105.335	122.509	328.908	762.424	151.738	212.518
fev/17	213.627	229.074	228.871	22.491	202.768	2.608.562	73.499	208.271
mar/17	127.645	255.361	124.765	196.473	359.291	7.547.289	155.357	287.016
abr/17	291.377	543.125	91.311	116.072	314.769	8.476.704	168.653	445.972
mai/17	229.828	300.232	305.928	82.273	817.595	8.357.085	164.854	569.638
jun/17	199.236	298.838	64.052	151.394	533.636	6.663.402	182.633	558.432
jul/17	129.785	374.125	184.562	133.482	415.940	5.298.836	36.665	321.727
ago/17	256.286	37.550	134.748	115.046	278.522	4.888.397	154.869	308.783
set/17	131.334	50.396	142.613	120.638	216.767	3.490.039	39.033	418.900
out/17	213.800	72.385	148.713	76.800	247.195	2.168.996	120.720	139.644
nov/17	78.775	55.982	218.291	70.178	270.649	1.829.501	122.357	75.997
dez/17	68.283	9.288	42.522	87.281	239.604	2.054.271	106.935	436
jan/18	81.281	93.436	143.554	23.000	280.236	1.341.873	33.039	130.357
fev/18	198.924	368.224	133.606	133.616	314.798	2.143.587	181.913	182.718
mar/18	195.480	367.875	162.309	24.288	434.592	6.949.354	106.482	416.554
abr/18	277.768	261.402	15.234	340.045	424.970	7.666.767	123.814	421.640
mai/18	224.423	440.845	195.755	52.806	472.704	9.780.279	204.531	446.037
jun/18	333.898	363.022	260.794	96.519	400.711	8.236.324	92.713	242.980
jul/18	257.342	272.112	212.157	196.137	420.613	8.015.255	66.560	462.605
ago/18	240.398	156.545	153.044	122.009	340.147	6.976.173	190.808	375.650
set/18	114.251	29.492	106.818	102.107	228.869	4.194.248	225.051	254.117
out/18	120.406	75.170	48.704	5.634	353.722	4.906.629	118.963	191.108
nov/18	70.492	20.561	69.674	107.825	134.197	4.725.359	143.883	167.207

dez/18	146.738	8.896	132.738	158.689	174.169	3.938.852	190.249	297.060
jan/19	137.546	89.829	139.617	0	295.702	1.897.194	76.253	41.646
fev/19	29.799	114.292	201.655	87.674	250.870	4.420.503	109.177	137.196
mar/19	138.603	564.684	49.796	189.485	390.024	5.853.935	165.868	366.818
abr/19	87.396	274.172	237.573	95.439	648.900	6.463.459	219.010	456.263
mai/19	230.038	516.340	180.230	138.178	582.503	6.987.043	163.421	318.344
jun/19	188.229	385.435	333.156	80.643	341.201	6.795.501	265.094	345.939
jul/19	139.659	317.647	98.584	160.316	275.487	6.053.433	86.145	439.837
ago/19	204.799	153.579	53.430	224.391	294.684	3.882.869	78.665	355.673
set/19	188.792	252.557	165.696	20.829	216.076	3.722.323	33.453	241.849
out/19	67.463	158.720	118.287	102.723	329.405	4.564.159	59.025	402.952
nov/19	86.639	97.115	93.767	86.383	396.898	4.674.600	111.864	207.931
dez/19	124.262	123.343	284.222	177.085	109.207	2.897.243	164.666	279.021
jan/20	143.862	49.613	159.826	35.534	186.009	1.016.886	146.349	290.157
fev/20	0	305.285	91.857	111.201	345.927	3.448.199	66.282	245.762
mar/20	306.559	403.254	135.828	43.360	558.955	8.123.834	364.892	439.667
abr/20	204.564	584.869	239.590	70.726	749.070	#####	216.231	618.188
mai/20	262.664	786.519	195.581	187.783	1.007.455	#####	207.557	562.955
jun/20	294.221	326.863	126.886	150.382	867.466	9.014.165	170.397	717.209
jul/20	185.446	571.715	233.577	98.027	501.488	7.497.045	225.014	356.706
ago/20	298.604	222.142	124.738	170.522	280.032	4.453.827	212.562	591.278
set/20	254.206	231.829	119.856	209.361	286.542	3.357.910	58.741	375.561
out/20	164.203	115.198	104.299	46.249	151.667	1.978.023	243.890	401.674
nov/20	34.132	93.908	109.969	134.469	211.572	1.130.860	167.072	144.556
dez/20	96.110	64.236	83.053	96.895	51.204	96.199	169.628	120.891

Fonte: Elaborada pelo autor