ARTIGO 5



IMPLICAÇÕES DA POLÍTICA NACIONAL DE PISOS DE FRETE DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO NA LOGÍSTICA DE FERTILIZANTES NO BRASIL

Lilian Maluf de Lima
ESALQ/USP

Thiago Guilherme Péra
ESALQ-LOG/ESALQ/USP

José Vicente Caixeta Filho
ESALQ/USP

RESUMO

A produção agrícola brasileira vem se expandindo e intensificando o uso de insumos como meio de ampliação da produtividade. Dentre esses insumos, destacam-se os fertilizantes, atuantes como componentes representativos nos custos de produção de uma série de cargas agrícolas brasileiras. Tais custos variam de maneira intensa ao longo do ano em função da sazonalidade, com tendência de queda durante a colheita das lavouras que permitem que o fertilizante utilize fretes de retorno e com tendência para alta durante o período imediatamente anterior ao plantio. Somado a isso, manifestações frente ao preço dos combustíveis que ocorreram em maio/2018 geraram mudanças importantes nos preços dos fretes no Brasil, acarretando o estabelecimento da Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (Agência Nacional de Transportes Terrestres [ANTT], 2018). Nesta dinâmica, a variação sazonal é discutida no período da colheita de grãos, onde o frete de retorno de fertilizantes apresenta destaque. Os principais resultados incluem o detalhamento dos efeitos dos corredores de transporte de fertilizantes, da respectiva sazonalidade, da distância percorrida, do preço do diesel e do impacto positivo (13,84%) nos fretes provocados pela Política de Pisos Mínimos.

Palavras-chave: preço, diesel, greve dos caminhoneiros.

ABSTRACT

Brazilian agricultural production has been expanding and intensifying the use of inputs as a means of increasing productivity. Fertilizers (important input), in turn, have their cost linked to logistics costs, because they are imported products that travel long distances to reach the field. These costs vary intensively throughout the year due to the seasonality, with a tendency to fall during the harvest of the crops that allow the fertilizer to use backhauling freights and, with tendency to rise during the period immediately prior to planting. In addition, the nationwide trucking strike over fuel prices that occurred in May 2018 generated significant changes in freight prices in Brazil, leading to the establishment of the National Policy of Minimum Floor of Road Transport of Loads (National Land Transportation Agency [ANTT], 2018). In this dynamic, seasonal variation is discussed during the grain harvest period, where the return freight of fertilizers is highlighted. The main results include the detailing of the effects of transport corridors, their seasonality, the distance traveled, the diesel price and the positive impact (13.84%) on freight caused by the Minimum Floors Policy.

Keywords: price, diesel, trucking strike.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é o segmento da economia que mais contribui para a formação da balança comercial brasileira. Em 2018, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio representou 21,1% do PIB brasileiro (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA], 2019). Ainda segundo esta fonte, a estimativa para a safra 2018/2019 foi de 113,5 milhões de toneladas de soja e 92,8 milhões de toneladas de milho. Do total da produção de grãos na safra 2018/2019, 44,0% foram produzidos no Centro Oeste, seguido pelo Sul com 32,7%. Houve entre as safras de 2017/2018 e 2018/2019 um aumento de 2,5% na produção de grãos, de 227,7 milhões de toneladas para 233,3 milhões. Isso significa que o aumento da produção de grãos no país seguiu firme, e, com ele, um aumento da demanda por fertilizantes. Este insumo apresenta destaque na contribuição para o aumento da produtividade agrícola no Brasil. No entanto, a dependência de recursos naturais escassos e do uso extensivo de energia para a sua síntese faz com que a produção agrícola seja sensível aos choques de oferta e demanda deste insumo, o que justifica a importância de estudos correlatos acerca deste produto na economia (Ogino, Costa, Popova & Martines, 2020)

A enorme capacidade em termos de produção agrícola e produtividade que o Brasil apresenta, no entanto, segue enfrentando desafios em termos de ineficiências logísticas. O déficit de infraestrutura frente à logística de transporte é bastante expressivo e não dá sinais de que vá obter melhorias significativas no curto prazo. Enquanto as melhorias necessárias não acontecem, os custos de transporte seguem em trajetória ascendente (Oliveira, Rosa & Caixeta Filho, 2010).

Lembrando que entregar o produto no destino certo, em um curto período de tempo e com o menor custo possível, é a chave para o sucesso da logística. O transporte de carga é um componente-chave da cadeia de suprimentos (Steadieseifi, Dellaert, Nuijten, Woensel & Raoufi, 2014). No entanto, a logística agroindustrial tem particularidades ainda mais desafiadoras que a logística para os demais setores. Durante a pré-colheita, a maior dificuldade é transportar insumos, especialmente fertilizantes, que são principalmente transportados por carga de retorno e exigem veículos adequados para seu conteúdo que, não raro, são cargas consideradas perigosas. Após o transporte e descarregamento da carga externa o veículo pode ser carregado com produto secundário, compatível com a estrutura do veículo, apresentando condicionamento atrelado a interesses estratégicos ou intimamente relacionado para economia de custos por parte dos agentes envolvidos no mercado (Oliveira, Rosa & Caixeta Filho, 2010). Os diferentes produtos da agricultura, insumos e produtos, dependem da disponibilidade de veículos adequados para o produto que se pretende transportar e disponível em região próxima. No período pós-colheita, as perdas ocorrem principalmente por transporte inadequado.

A importância dos estudos no campo da logística reside no seu impacto na criação de preços de produtos agrícolas. Portanto, pode afetar significativamente os preços finais, tornando-se determinante na dinâmica da cadeia produtiva e na comercialização de produtos agrícolas como um todo. Para produtos agrícolas, a logística eficiente é particularmente essencial para manter seus preços em mercados competitivos. Como os produtos agrícolas têm baixo valor em relação ao seu volume, o custo do

transporte reflete uma parte importante do preço total, diferente dos produtos de alto valor agregado.

Este artigo analisa, em um contexto geral, qual o impacto da instituição da Política Nacional de Pisos Mínimos instituída pelo governo federal, em virtude das manifestações de greve dos caminhoneiros ocorridas em maio de 2018, no Brasil. Especificamente utilizou-se de um modelo econométrico de regressão linear múltipla para obter a elasticidade referente a essa mudança nos valores praticados dos fretes de fertilizantes. Utilizou-se de uma variável binária para captar o período "anterior" e "posterior" à greve dos caminhoneiros (maio 2018), como *proxy* para analisar o impacto da política como consequência dessas manifestações. Para melhor ajuste do modelo estimado, foram consideradas outras variáveis que também são importantes no contexto de toda a análise logística que explicam variações no preço mensal do frete praticado de fertilizantes para os anos de 2017 e 2018, tais como: a distância entre a origem e o destino do frete (km), os principais corredores de transporte (foram classificados conforme a vocação das rotas – por exemplo, se o destino foi para regiões de produção de grãos diretamente ou se por retorno em função da exportação de grãos), o preço do diesel, o volume de importação de fertilizantes e de exportação de grãos (milho e soja) e uma proxy de para captar o efeito do crescimento econômico do país, representada pelo índice ABCR (Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias [ABCR], 2019). Outras variáveis foram inicialmente consideradas, como o preço da soja por exemplo, mas por apresentar problemas de multicolinearidade com outras variáveis do modelo foram desconsideradas a fim de proporcionar melhor ajuste econométrico, em questão.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: O MERCADO E O TRANSPORTE DE FERTILIZANTES

O consumo de fertilizantes em 2017 chegou a 34,5 milhões de toneladas, a importação foi de 26,3 milhões de toneladas e a produção nacional de 6,7 milhões de toneladas (Associação Nacional para Difusão de Adubos [ANDA], 2019). A importação teve aumento importante nos últimos anos: se em 2015 a importação foi de 21,1 milhões, em 2018 (ano da greve) atingiu 27,5 milhões de toneladas. Este grande volume de consumo e importação do produto é transportado, em sua maioria, via rodoviária. O Brasil tem uma divisão modal no transporte de carga centrada na rede rodoviária, o que se deve a um processo que durou décadas e que previa um crescimento rápido e desproporcional em relação as outras modalidades (Schroeder & Castro, 1996).

Não existem alternativas viáveis disponíveis e, por isso, produtores arcam os altos custos do transporte de longas distâncias. O transporte rodoviário tem infraestrutura limitada e gera gargalos intensos durante os picos de colheita, devido às dificuldades de tráfego e escassez de veículos. As

dificuldades no transporte rodoviário refletem nos preços de frete a serem contratados, especialmente quando se trata do mercado spot, onde os valores não são fixos ou contratados anteriormente. Considerando a dinâmica do transporte de fertilizantes, podem-se caracterizar as variáveis que influenciam o custo do frete, permitindo uma maior compreensão da operação e da eficiência dos sistemas de transporte.

Nos países desenvolvidos, o frete costuma absorver cerca de 60% dos custos logísticos, por isso a contratação de serviços de transporte exige eficiência e qualidade (Rodrigues, 2007). O frete rodoviário no Brasil é responsável por 2/3 da carga total do país (Lima, Elias, Caixeta Filho & Campos, 2016). O custo do frete está associado a diversas variáveis que normalmente dependem da distância percorrida. Portanto, todos os custos cobrados independentemente do tipo do caminhão são considerados fixos e os que variam de acordo com a distância percorrida são considerados variáveis (Lima et al., 2016). Os principais custos de frete são direcionados ao preço do combustível, pedágio, custo de mão-de-obra, custo de financiamento de caminhões, condições da rodovia, risco de carregamento (inflamável ou alto valor) e se é ou não um frete de retorno (Steadieseifi et al., 2014). Em relação aos custos operacionais, há pneus, combustível, impostos, licenciamento, seguro, salários dos motoristas, lubrificantes, manutenção, pedágios e custos administrativos. A depreciação também adiciona custos (capital que deve ser reservado para a substituição do ativo ao final de sua vida útil) e a taxa de oportunidade (retorno sobre o capital) que, embora não sejam desembolsados, são considerados como reservas de capital que devem ser feitas para a substituição da frota (Lima et al., 2016).

Além das variáveis que definem o frete, existem fatores "extras" como a sazonalidade, o frete de retorno e condições conjunturais – que, no Brasil, se destacam em função da greve dos caminhoneiros que ocorreu em 2018 e mudou a estrutura de preços do setor.

Como a maioria dos produtos agrícolas, os fertilizantes também são impactados com o efeito da sazonalidade. Os meses de agosto a outubro concentram a maior parte das entregas de fertilizantes ao consumidor final e importações de fertilizantes intermediários (Associação Nacional para Difusão de Adubos [ANDA], 2019). A concentração da demanda neste período impacta positivamente no frete de fertilizantes e se deve ao início do plantio de grãos, a chamada safra de verão.

A fim de reduzir o efeito negativo desses gargalos no preço final do produto, alguns produtos agrícolas são transportados por frete de retorno. O frete de retorno procura reduzir o custo total de transporte, cobrindo o frete rodoviário de um lado para o outro. Alguns produtos que utilizam essa estratégia são calcários, cimento, farelo de soja, trigo, açúcar ensacado, sorgo, polpa cítrica, sementes, gesso, produtos acabados na indústria e materiais de construção, como tijolos, telhas e muito mais. A combinação que ocorre mais no Brasil é a soja apresentar fertilizante como retorno (Michelon, 2007).

O terceiro e mais recente aspecto que tem impactado o frete é a criação em 2018 da Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas, originalmente pela Medida Provisória nº 832, de 27 de maio de 2018, convertida na Lei nº 13.703, de 08 de agosto de 2018, regulada por meio da Resolução ANTT nº 5.820/2018 e alterações posteriores. Manifestações ocorridas em 2018 por parte dos caminhoneiros em função do aumento do preço dos combustíveis geraram pressão política suficiente para que o governo se posicionasse em atender às demandas dos manifestantes. A demanda principal que surge durante

as paralisações foi relativa ao preço do diesel, tendo sido inserida também na pauta a solicitação pelo estabelecimento de uma tabela de fretes que garantisse uma receita para o caminhoneiro que acompanhasse os aumentos recorrentes nos preços dos insumos de transporte e, em especial, dos combustíveis.

O resultado da pressão política exercida pelas manifestações foi a Medida Provisória nº 832 de 2018 (Política de Preços Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas), a qual objetiva "promover condições razoáveis à realização de fretes no território nacional, de forma a proporcionar a adequada retribuição ao serviço prestado", trazendo a competência da ANTT para a regulamentação do assunto.

A Resolução nº 5.820 de 30 de maio de 2018, da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), publica a tabela com os preços mínimos de fretes referentes ao quilômetro rodado na realização de frete, por eixo carregado, para diferentes categorias de carga (geral, a granel, frigorificada, perigosa e neogranel), não incluindo valores de pedágios e tributos.

A partir do estabelecimento desta tabela de fretes surgem questionamentos a respeito dos efeitos em termos de preço dos fretes, e, consequentemente, custo da produção agropecuária. Na próxima seção será apresentada a metodologia, e, nela consta um melhor detalhamento de todas as variáveis consideradas na análise.

3. METODOLOGIA

A metodologia baseia-se na estimação de um modelo de regressão linear múltipla, sob o método de mínimos quadrados ordinários (MQO) (Gujarati, 2006). Os coeficientes estimados são utilizados para captar a influência de cada variável explicativa no valor do frete de fertilizantes (variável dependente).

Assim, a variável dependente (FRETE) é definida como o preço em reais por tonelada (R$/t), com inclusão de pedágio, sem ICMS e sem seguro, cobrado por empresas de transporte para o deslocamento de fertilizantes a granel por rodovia, conforme origem e destino da carga. Esses dados são baseados em um conjunto de 12.551 observações de janeiro de 2017 a dezembro de 2018, agrupadas por origem e destino de frete. Cada observação da base de dados refere-se a uma rota; uma rota específica pode ser usada por diferentes companhias de transporte - o que constitui um número considerável de rotas por mês. Destaca-se que os meses do período analisado não apresentam necessariamente as mesmas rotas realizadas. Em caso de ocorrência da repetição das rotas em vários meses, essas rotas podem ainda apresentar diversos valores em um único mês devido ao fato de serem realizadas por diferentes transportadoras.

As informações de frete correspondem a valores realizados (praticados) e são extraídas do banco de dados do Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG, 2020). Ressalta-se que esses valores não correspondem às informações de autônomos, sendo integralmente compostos por fretes praticados por empresas transportadoras (frete empresa). Com relação às variáveis explicativas do modelo, o detalhamento sobre a seleção e a especificação de cada variável é dado a seguir.

3.1 Detalhamento sobre a seleção e a especificação de cada variável

CORREDORES DE TRANSPORTE DE FERTILIZANTES

Oito variáveis binárias associadas a oito corredores de transporte de fertilizantes foram definidas: COR_A, COR_B, COR_C, COR_D, COR_E, COR_F, COR_G e COR_H. Esses corredores de transporte são utilizados no escoamento da grande maioria dos fertilizantes consumidos no Brasil.

A classificação das rotas do banco de dados do ESALQ-LOG (2020) em oito corredores baseou-se em um estudo correlato para análise de fretes de fertilizantes de acordo com rotas classificadas em cinco corredores de transporte (Lima et al., 2016) e também na maior representatividade quanto à importação de fertilizantes por portos. Os principais portos conforme o volume de importação de fertilizantes nos anos de 2017 e 2018 (período dos dados), são descritos na Tabela 1 (Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços [COMEX STAT], 2019).

Tabela 1 - Total de importação de fertilizantes por portos, 2017 - 2018.

Porto	2018		2017	
	toneladas	%	toneladas	%
Paranaguá (PR)*	9.708.092	32,86	9.233.031	32,29
Rio Grande (RS)*	4.738.602	16,04	4.379.809	15,32
Santos (SP)*	4.650.766	15,74	4.533.551	15,85
São Francisco do Sul (SC)*	2.042.019	6,91	2.380.870	8,33
São Luís (MA)*	2.038.745	6,90	1.747.266	6,11
Vitoria (ES)*	1.835.419	6,21	2.071.849	7,25
Salvador (BA)	1.215.129	4,11	1.173.916	4,11
Demais	3.311.896	11,21	3.076.646	10,76
TOTAL	29.540.668	100	28.596.939	100

* Esses portos juntos representam mais de 80% do total de fertilizantes importados nos anos de 2017 e 2018.

Fonte: COMEX STAT (2019)

Dessa forma, as rotas da base de dados disponibilizadas pelo ESALQ-LOG (2020) foram agregadas em corredores; alguns corredores apresentam rotas com origem nos seis principais portos importadores de fertilizantes (definidos pela Tabela 2 e que juntos representam mais de 80% da importação total de fertilizantes) e com destino a indústrias de mistura de fertilizantes e adjacências e/ou áreas de produção de grãos (soja e milho); outras rotas classificam-se em um corredor cuja origem são as indústrias de mistura de fertilizantes e destino são os centros produtores de grãos. Essa classificação (corredores) é detalhada na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação das rotas do banco de dados do ESALQ-LOG (2020) em oito corredores de transporte.

Corredor A (COR_A)	**Origem**	Rotas com origem no Porto de Paranaguá (PR)
	Destino	Áreas produtoras de grãos, indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências: municípios pertencentes aos estados de Goiás, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins.
Corredor B (COR_B)	**Origem**	Rotas com origem no Porto de Santos (SP)
	Destino	Áreas produtoras de grãos, indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências: municípios pertencentes aos estados de Goiás, Espirito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rondônia e São Paulo.
Corredor C (COR_C)	**Origem**	Rotas com origem no Porto de Rio Grande (RS)
	Destino	Áreas produtoras de grãos, indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências: municípios pertencentes aos estados de Goiás, Amazonas, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Tocantins e São Paulo.
Corredor D (COR_D)	**Origem**	Rotas com origem no Porto de Vitoria (ES)
	Destino	Áreas produtoras de grãos, indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências: municípios pertencentes aos estados de Goiás, Minas Gerais e Rio de Janeiro.
Corredor E (COR_E)	**Origem**	Rotas com origem no Porto de São Francisco do Sul (SC)
	Destino	Áreas produtoras de grãos, indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências: municípios pertencentes aos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.
Corredor F (COR_F)	**Origem**	Rotas com origem no Porto de São Luís (MA)
	Destino	Áreas produtoras de grãos, indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências: municípios pertencentes aos estados do Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Para, Piauí e Tocantins.
Corredor G (COR_G)	**Origem**	Rotas com origem em indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências localizadas em municípios pertencentes aos estados: Alagoas, Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Para, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe, São Paulo e Tocantins.
	Destino	Áreas produtoras de grãos e adjacências: municípios pertencentes aos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Para, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio Grande do Norte, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe, São Paulo e Tocantins.
Corredor H (COR_H)	**Origem**	Rotas com origem em outros Portos: Salvador (BA), Aratu (BA), Porto Alegre (RS), Santarém (PA), Barcarena (PA), Imbituba (SC), Aracaju (SE), Recife (PE), Fortaleza (CE), Guarujá (SP), Vila Velha (ES) e Cubatão (SP).
	Destino	Áreas produtoras de grãos, indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências: municípios pertencentes aos estados de Goiás, Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Para, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.[1]

Fonte: dados de pesquisa (2020)

1 Cubatão (SP) é localizado a 12 km do Porto de Santos (SP)

VARIÁVEL DE CAPTAÇÃO DO EFEITO DA RESOLUÇÃO Nº 5.820, DE 30 DE MAIO DE 2018

Como forma de captar os efeitos do estabelecimento da tabela que determina um piso para os preços dos fretes sobre os valores realizados do frete, utiliza-se uma variável binária (RESO). A variável RESO assume valor 1 para os meses subsequentes ao mês da vigência de resolução nº 5.820 (maio de 2018)[2], ou seja, a partir de junho de 2018 (inclusive); e assume valor zero para meses anteriores ao mês da resolução, incluindo maio de 2018.

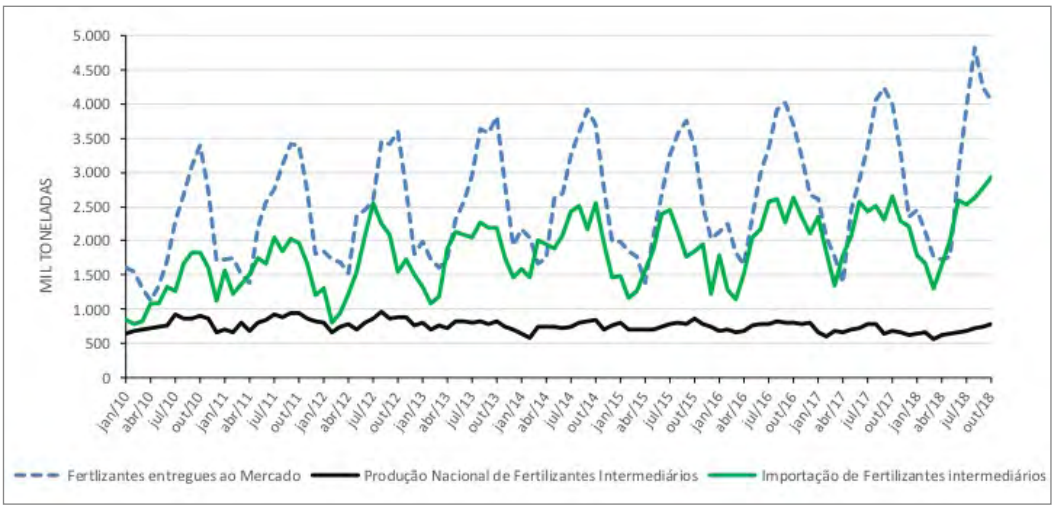
SAFRA

O fertilizante, assim como outros produtos agrícolas, também apresenta sazonalidade, períodos de maior movimentação/transporte, que podem ser classificados como períodos de safra. Assim, considera-se uma variável binária (SAFRA), que assume valor 1 nos meses em que ocorrem maiores movimentações de fertilizantes e valor zero, caso contrário.

É sabido que a maior movimentação de fertilizantes ocorre quando o mesmo é carga de retorno de grãos para exportação (março a maio) juntamente com período de plantio de milho safrinha (junho-agosto em seu pico) (Alves & Bacha, 2018).

A Figura 2 mostra as mudanças sazonais na entrega de fertilizantes, produção doméstica e importação. Os embarques brasileiros de fertilizantes começam a aumentar durante a segunda metade do primeiro semestre (março a maio), quando começa o plantio da safra de grãos (principalmente soja) bem como sua maior movimentação para exportação (Figura 3), ocorrendo, nesses casos, com grande intensidade, o fertilizante como carga de retorno a partir dos portos (concentram a exportação de grãos e importação de fertilizantes). Note-se também que essa demanda/entrega de fertilizantes ao consumidor final mantém-se no segundo semestre do ano, principalmente nos meses de julho e agosto, período de início do plantio da 2ª safra de milho (safrinha) e ainda com movimentação de grãos para exportação, sendo a de milho mais evidente neste período (vide Figura 1).

Figura 1 - Fertilizantes entregues ao consumidor final, produção nacional de fertilizantes intermediários e importação de fertilizantes do total produzido, 2010-2018*.



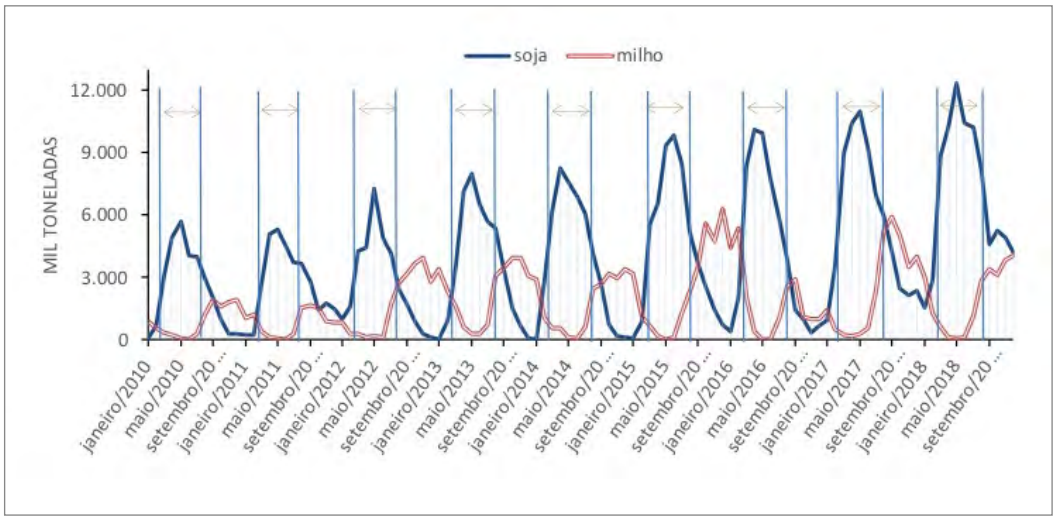
* O período final aqui exposto é compatível ao período da série disponibilizada de frete (até dezembro de 2018).

Fonte: ANDA (2019)

2 Detalhes sobre o histórico completo da implantação da regulação da ANTT (2018) sobre a Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas, disponível em: https://portal.antt.gov.br/etapas-de-implementacao-da-pnpm-trc

A Figura 2 evidencia que no período de março a maio a exportação de soja atinge seu pico e nos meses de junho a agosto ocorre o início da exportação de milho na safrinha. Logo, no período de março a agosto tem-se maior volume de grãos (soja + milho) exportados, que coincide com alto volume de fertilizantes importados (vide Figura 1), caracterizando o fertilizante nesse período como carga de retorno (vide "setas" dentro da Figura 2).

Figura 2 - Volume exportado de grãos (milho e soja), 2010-2018*.



*O período final aqui exposto é compatível ao período da série disponibilizada de frete (até dezembro de 2018)

Fonte: COMEXT STAT (2019)

Assim, a variável SAFRA assume valor 1 (maior movimentação de fertilizantes) para os meses de março a agosto e zero para os demais meses. Espera-se, portanto, que no período em que o fertilizante seja carga de retorno (março a agosto), seu frete apresente reduções e, no período em que não seja carga de retorno dos grãos (setembro a fevereiro) seu frete apresente aumento, até porque apresenta grande consumo para plantio, havendo demanda por caminhões.

VOLUME DE IMPORTAÇÃO DE FERTILIZANTES

Espera-se que, com o aumento da importação de fertilizantes, aumente a demanda por caminhões e consequentemente aumente o valor do seu frete. Pela análise da Figura 1, já discutida anteriormente, observa-se que a importação e o consumo de fertilizantes estão concentrados nos meses de setembro e outubro. Neste período o fertilizante não se caracteriza como carga de retorno e, portanto, apresenta aumento no frete.

Assim, a variável contínua IMPORT pode apresentar um coeficiente estimado que reflete o aumento no frete do fertilizante conforme seu volume importado aumente. As informações de importação de fertilizantes pelo Brasil foram obtidas pelo banco de dados COMEXT STAT (2019), em kg.

VOLUME DE EXPORTAÇÃO DE GRÃOS (MILHO E SOJA)

Espera-se que, com o aumento da exportação de grãos (soja + milho), vide período de março a agosto na Figura 2, aumente a demanda por frete de retorno de fertilizante e, portanto, observe-se a redução em seu frete. Assim, a variável contínua EXPORT pode apresentar um

coeficiente estimado que reflete a redução no frete do fertilizante como carga de retorno, conforme o volume exportado de grãos aumente. Nesse caso o frete de retorno pode ser considerado um custo de oportunidade. Os embarcadores de fertilizantes que buscam minimizar os custos e as transportadoras que buscam maximizar os lucros estão alinhados em seu desejo de conseguir um frete de retorno (Oliveira, Rosa & Caixeta Filho, 2010). As informações de exportação de grãos (soja e milho) foram obtidas pelo banco de dados COMEXT STAT (2019), em kg.

DISTÂNCIA PERCORRIDA (KM)

Os custos que incidem de maneira independente ao deslocamento do caminhão são considerados fixos e os que variam de acordo com a distância percorrida são considerados variáveis. A maioria das variáveis de custo do frete está associada de forma direta à distância percorrida. Assim, a distância percorrida é diretamente proporcional ao valor do frete. Muitos estudos têm embasado essa relação, tais como Correa e Caixeta Filho (2003) e Lima et al. (2016).

Dessa forma, a variável contínua KM pode apresentar um coeficiente estimado que reflete o aumento no valor do frete do fertilizante, conforme a distância percorrida (Km) aumente. Cabe comentar que a distância de cada rota (em km) é fornecida pelo ESALQ-LOG (2020), juntamente com o valor do frete realizado.

PREÇO DO DIESEL

Alguns dos principais componentes que influenciam o valor do frete são os custos operacionais, em função do veículo utilizado (Correa & Caixeta Filho, 2003). Considerando a predominância do modo rodoviário no Brasil, tem-se que o combustível é o principal componente dentre os custos variáveis que compõem os custos operacionais (Steadieseifi et al., 2014). Logo, uma variação positiva em seu preço pode impactar diretamente no valor do frete.

Dessa forma, a variável contínua DIESEL pode apresentar um coeficiente estimado que reflete o aumento no valor do frete do fertilizante, conforme o preço do diesel aumente. A série do preço do diesel foi obtida por meio da Agência Nacional de Petróleo (ANP, 2019), em Reais/ litro.

CRESCIMENTO ECONÔMICO DO PAÍS

O Índice ABCR mede o fluxo pedagiado de veículos nas estradas e é construído pela Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR, 2019) juntamente com a Tendências Consultoria Integrada. Esse índice pode ser utilizado como uma proxy para crescimento econômico do país, uma vez que reflete a movimentação dos veículos (considerados aqui os de transporte de cargas - pesado).

Assim, a variável continua ABCR pode apresentar um coeficiente estimado que reflete o aumento no valor do frete do fertilizante, conforme aumente o índice ABCR para veículos pesados no Brasil. As informações mensais do índice ABCR – Brasil - foram obtidas por meio do sitio eletrônico da Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR, 2019), calculado com base no ano de 1999.

3.2 Modelo empírico

As informações utilizadas na amostra em questão compreendem rotas realizadas de fertilizantes no período entre janeiro de 2017 e dezembro de 2018, totalizando 12.551 dados. As informações de frete de fertilizantes fornecidas pelo ESALQ-LOG (2020) e as informações do preço do diesel foram deflacionadas a partir do índice IGP-DI (Fundação Getúlio Vargas [FGV], 2020), com base em dezembro de 2018 (seguindo o último mês da série disponibilizada de frete).

Assim o modelo estimado referente aos preços de frete de fertilizantes, conforme especificação das variáveis descritas acima, é representado pela seguinte equação:

$$lnY = \alpha + \sum_{i=1}^{8} \beta_i X_i + \sum_{j=1}^{2} \beta_j X_j + \sum_{k=1}^{2} \beta_k X_k + \beta_w lnX_w + \beta_m lnX_m + \beta_o lnX_o + \beta_p lnX_p + \beta_p lnX_p + \varepsilon \quad (1)$$

Em que:

lnY corresponde ao logaritmo natural do preço de frete de fertilizantes, em R$/t, sem seguro, sem ICMS e com pedágio;

i corresponde ao corredor cujas rotas são classificadas – Corredor A (i=1); Corredor B (i=2), Corredor C (i=3), Corredor D (i=4), Corredor E (i=5), Corredor F (i=6), Corredor G (i=7) e Corredor H (i=8);

j corresponde ao período de maior movimentação de fertilizantes, coincidente com o período de maior exportação de grãos (soja e milho) e início da colheita de milho safrinha – se período for março a agosto (j=1); demais meses (j=0);

k corresponde ao período subsequente ao mês da vigência de resolução nº 5.820 (maio de 2018) – se período for junho de 2018 a dezembro de 2018 (k=1); período restante (k=0);

α, β_i, β_j, β_k, β_w, β_m, β_o, β_p, β_q são os parâmetros estimados do modelo proposto;

X_i refere-se à variável binária correspondente ao i-ésimo tipo de Corredor: COR_A, COR_B, COR_C, COR_D, COR_E, COR_F, COR_G e COR_H, respectivamente, conforme descrições supracitadas sobre as variáveis;

X_j refere-se à variável binária correspondente aos meses de maior movimentação de fertilizantes (março a agosto), denominada de "SAFRA" na descrição das variáveis (2.1.1);

X_k refere-se à variável binária correspondente ao período subsequente ao mês da vigência de resolução nº 5.820 (maio de 2018), denominada de "RESO";

lnX_w refere-se ao logaritmo natural do preço médio do diesel – Brasil (R$/litro);

lnX_m refere-se ao logaritmo natural da distância de cada rota de fertilizantes (km);

lnX_o refere-se ao logaritmo natural do índice ABCR (proxy do crescimento econômico);

lnX_p refere-se ao logaritmo natural do volume brasileiro total exportado de grãos (soja e milho), no período de 2017 e 2018;

lnX_q refere-se ao logaritmo natural do volume total importado de fertilizantes pelo Brasil, no período de 2017 e 2018;

ε corresponde ao termo de erro aleatório (assume-se distribuição N(0,1)).

O software R-Studio (R Core Team, 2021) foi adotado para estimar os parâmetros da regressão, bem como realizar os testes específicos e demais gráficos auxiliares na análise dos resíduos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo apresentou seus resultados através de estimativas obtidas por meio de uma regressão linear múltipla que fornece estimativas consistentes e eficientes à luz do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). O uso do logaritmo natural nas variáveis quantitativas deu-se para melhor ajuste das estimativas do modelo, além de apresentar os resultados diretamente em elasticidades para análise destas variáveis (Gujarati, 2006).

A Tabela 3 apresenta a descrição das variáveis explicativas binárias consideradas e suas respectivas estatísticas descritivas observadas no período mensal de 2017 - 2018.

Tabela 3 - Descrição das variáveis explicativas binárias e respectivas estatísticas descritivas

Variáveis	Descrição	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
COR_A	1 se a rota pertencer ao corredor A, 0 caso contrário	0,136	1	0	0,342
COR_B	1 se a rota pertencer ao corredor B, 0 caso contrário	0,022	1	0	0,146
COR_C	1 se a rota pertencer ao corredor C, 0 caso contrário	0,297	1	0	0,457
COR_D	1 se a rota pertencer ao corredor D, 0 caso contrário	0,003	1	0	0,058
COR_E	1 se a rota pertencer ao corredor E, 0 caso contrário	0,024	1	0	0,153
COR_F	1 se a rota pertencer ao corredor F, 0 caso contrário	0,025	1	0	0,157
COR_G	1 se a rota pertencer ao corredor G, 0 caso contrário	0,355	1	0	0,478
COR_H	1 se a rota pertencer ao corredor H, 0 caso contrário	0,138	1	0	0,345
SAFRA	1 se a rota pertencer ao período de março a agosto, 0 caso contrário	0,511	1	0	0,500
RESO	1 se a rota pertencer ao período subsequente a resolução (maio 2018), 0 caso contrário	0,286	1	0	0,452

Fonte: Dados de pesquisa (2020)

Analisando-se os dados da amostra, para as variáveis binárias (Tabela 3), observa-se que a maioria das rotas pertencem aos corredores classificados como G e C, respectivamente, com representatividade de 35% e de 29,7%. Nessa ordem, note-se que são rotas de fluxo interno (originadas em indústrias misturadoras de fertilizantes e adjacências destino aos centros produtores) e rotas com origem no porto de Rio Grande (RS) e destino aos centros produtores (vide Tabela 2). Também, 51,1% da amostra é composta por rotas realizadas no período de março a agosto (já definido anteriormente como o período de maior movimentação de fertilizantes juntamente com o grande fluxo de exportação de grãos). Com relação ao período de vigência da Resolução nº 5.820, percebe-se que 28,6% das informações utilizadas correspondem aos fretes sob a influência desta medida.

A Tabela 4 apresenta a descrição das variáveis explicativas contínuas consideradas e suas respectivas estatísticas descritivas observadas no período mensal de 2017 - 2018.

Tabela 4 - Descrição das variáveis explicativas contínuas e respectivas estatísticas descritivas

Variáveis	Descrição	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	CV (%)
DIESEL (deflacionada)	preço do diesel deflacionado (R$/litro), por mês	3,395	4,022	2,977	0,203	5,97
KM	Distância em km, para cada rota de fertilizante	948	4.336	11	701	73,97
ABCR	índice ABCR usado como proxy de crescimento econômico	145	159	114	10	7,18
EXPORT (t)	total de volume brasileiro exportado de grãos, anos de 2017/18	8.678.309	12.410.850	2.364.214	2.620.249	30,19
IMPORT (t)	total de volume importado de fertilizantes pelo Brasil, anos de 2017/18	2.485.191	3.516.736	1.535.562	597.440	24,04
LNDIESEL (deflacionada)	ln preço do diesel deflacionado (R$/litro), por mês	1,221	1,392	1,091	0,059	4,84
LNKM	Distância em lnkm, para cada rota de fertilizante	6,551	8,375	2,398	0,862	13,16
LNABCR	ln do índice ABCR usado como proxy de crescimento econômico	4,974	5,070	4,733	0,075	1,51
LNEXPORT	ln total de volume brasileiro exportado de grãos, anos de 2017/18	22,819	23,242	21,584	0,401	1,76
LNIMPORT	ln total de volume importado de fertilizantes pelo Brasil, anos de 2017/18	21,603	21,981	21,152	0,253	1,17

Fonte: Dados de pesquisa (2020)

Analisando-se os dados da Tabela 4, nota-se que a distância percorrida das rotas consideradas na amostra apresenta o valor médio de 948 km, que o índice médio ABCR do período dos dados corresponde a 145, e que o preço médio do diesel mensal deflacionado desses dados corresponde a 3,395 reais/ litro. Com relação às variáveis de comercialização, tem-se que, para o período analisado, a média de grãos brasileiros (milho e soja) exportados foi de 8,67 milhões de toneladas e a média de fertilizantes importados pelo Brasil foi de 2,48 milhões de toneladas.

Os valores das estatísticas descritivas das variáveis em logaritmo natural foram expostos (cor cinza na Tabela acima) apenas para o cálculo do coeficiente de variação. Como os dados foram assim considerados na estimativa do modelo, os valores de CV apontam que, em *ln*, a dispersão dos valores de cada variável em relação a sua média é relativamente pequena, ou seja, próximo ou menor que 10%.

O CV avalia a variabilidade dos dados de forma relativa a partir do cálculo da razão entre o desvio padrão e a média (Hoffmann, 2006). Esse valor permite avaliar o percentual da variabilidade dos dados em relação a sua média. Pimentel-Gomes (1997) ao estudar os CV de diversos ensaios agrícolas propôs seguinte classificação: baixo, quando inferior a 10%; médio, entre 10 e 20%; alto, quando entre 20 e 30%; e muito alto, quando são superiores a 30%

Análise dos resíduos

Para testar a consistência do modelo, alguns procedimentos foram adotados. Inicialmente foi aplicado o teste de White, verificando-se que a hipótese nula de que a variância dos resíduos do modelo inicialmente ajustado é constante (homocedasticidade) e foi rejeitada ao nível de 1% de significância, constatando a heterocedasticidade do modelo. Diante disso, foi utilizada a correção Robusta de White, pois ela ajusta os erros padrão da heteroscedasticidade do modelo quando, na prática, não se conhece o seu padrão (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultado do teste de White

Número de observações x R2	Prob. Qui-Quadrado
1692,75	0,0000*

antes do uso da correção robusta de White. * significativo (significância abaixo de 1%)

Fonte: Dados de pesquisa (2020)

A presença de heterocedasticidade, todavia, não é inesperado em dados de corte seccional, como é o caso, e a necessidade de correção não compromete a consistência de seus estimadores.

Embora não seja comumente usado para dados de cross secction, um teste de para verificar a presença de autocorrelação residual foi aplicado, neste caso, o teste de Durbin Watson (Gujarati, 2006). A estatística calculada de Durbin Watson foi de 1,43, denotando presença de autocorrelação residual, uma vez que a hipótese nula de ausência de autocorrelação foi rejeitada. Assim, a inserção do valor do frete como um componente autoregressivo (AR (1)) dentre as variáveis explicativas (com respectivo coeficiente estimado significativo a 1%), resultou em um valor de teste Durbin Watson de 2,10. Neste caso a hipótese nula de ausência de autocorrelação não foi rejeitada a 1% de significância, constatando-se sua ausência, denotando sucesso na correção.

Sobre a relação entre as variáveis

explicativas do modelo estimado, a presença de multicolinearidade entre essas variáveis foi descartada: para as variáveis binárias, em cada categoria de binária (grupo) foi omitida uma variável (variável de controle ou variável base) em função da qual as demais são classificadas; para as variáveis contínuas, foi calculado o Fator de Inflação da variância (VIF) para esta avalição (Tabela 6), a seguir.

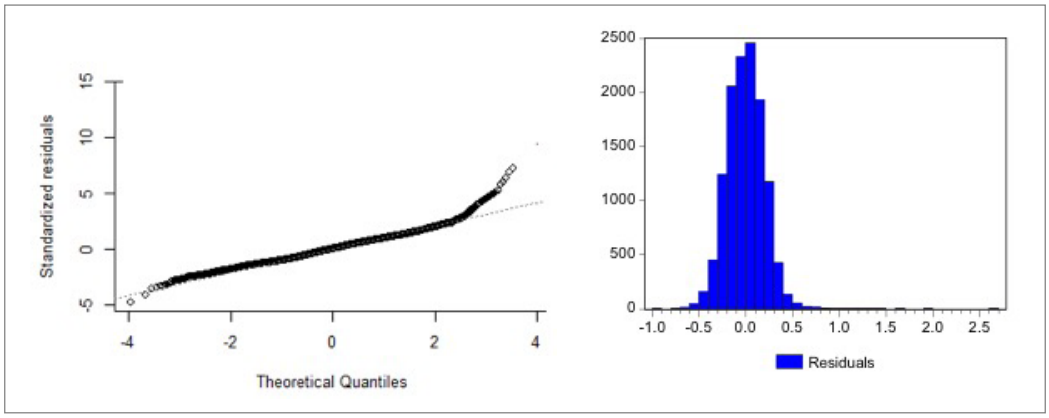
Tabela 6 - Valores de "VIF" para avaliação da multicolinearidade entre as variáveis explicativas contínuas

LN_KM	LN_EXPORT	LN_IMPORT	LN_ABCR	LN_DIESEL
1,018	1,323	1,119	1,419	1,056

Fonte: dados de pesquisa (2020)

Seguindo os procedimentos propostos por Gujarati (2006), os valores de VIF calculados ficaram muito abaixo de 10, denotando ausência de multicolinearidade entre as variáveis contínuas do modelo estimado. Cabe ainda destacar que não há evidências de que os erros não sigam uma distribuição normal, representada pela linha reta pontilhada na Figura 3 (a): quanto maior a aderência dos valores da série a essa linha, maior a evidência de que a série de resíduos se aproxima da normalidade.

Figura 3 - "QQ – Plot" dos resíduos (a) e Histograma dos resíduos (b)



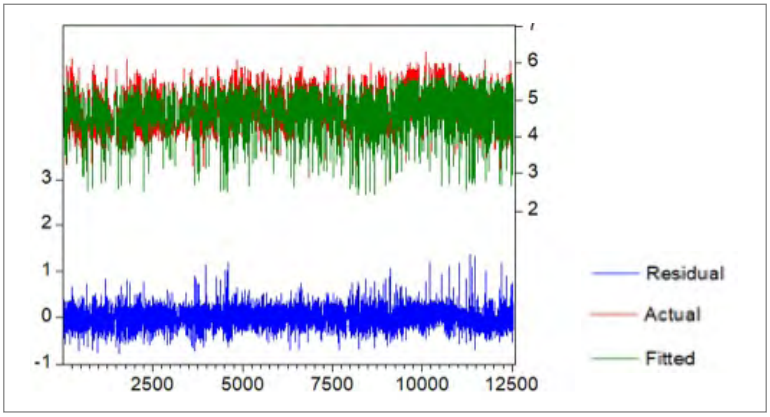
Fonte: Dados de pesquisa (2020)

Também pode ser visto na Figura 3 (b) que os resíduos têm uma distribuição normal, embora o teste de Jarque Bera[3] tenha levado à rejeição da hipótese nula de normalidade dos erros (pois os valores de assimetria = 0,5819; curtose = 7,7738; tamanho (n) = 12.551, estatística JB = 12625,42, com probabilidade de significância zero, rejeitando a hipótese nula de normalidade dos resíduos). Mesmo que essa hipótese não seja validada, ainda é possível inferir normalidade dos resíduos quando há uma amostra grande o suficiente para valer a Lei dos Grandes Números (Judge, Hill, Griffiths, Lutkepohl & Lee, 1988; Oliveira, 2014). O modelo aqui estimado utilizou uma amostra relativamente grande de 12.551 dados.

3 Teste assintótico de normalidade. Jarque, C. M. & Bera, A.K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. International Statistical Review, 55, 163-172 - citado por Gujarati (2006, p. 119).

A Figura 4 mostra o ajuste da regressão aos valores observados dos fretes de fertilizantes (linhas verde e vermelha). Este gráfico observa a existência de um bom ajuste da regressão aos dados em grande parte do período analisado. Quanto mais a linha verde se sobrepuser à vermelha, mais ajustada será a equação estimada, ou seja, maior será a descrição da série observada. Com relação à linha azul da Figura 4, esta representa os resíduos da regressão, ou seja, a diferença entre a série observada e a ajustada. Quanto mais essa linha "oscilar", maior a evidência de que a parte não explicada pelo modelo seja extremamente aleatória.

Figura 4 - Comportamento da série estimada x observada



Fonte: Dados de pesquisa (2020)

Foram excluídas as informações cujas rotas apresentavam o mesmo município de origem e destino, sendo a distância computada como "zero" km.

Coeficientes Estimados

Os resultados da regressão linear múltipla do modelo final estimado são apresentados na Tabela 7. A tabela mostra os valores dos coeficientes e os respectivos valores da estatística-t para cada variável explicativa. Os valores do coeficiente para a variável Corredor C (Cor_C) foi omitido da tabela, pois esse corredor foi escolhido para ser a variável de controle da categoria "corredores" para fins de especificação e para análise dos resultados do modelo.

Tabela 7 - Coeficientes estimados para as variáveis explicativas do modelo de regressão

Variáveis explicativas	Coeficientes	Estatística *t*	Desvio padrão	valor-*p*	Elasticidades#
constante	-1,7410*	-4,6310	0,3759	0,000	-
COR_A#	0,1389*	18,4351	0,0075	0,000	↑ 14,90%
COR_B#	0,1945*	14,2748	0,0136	0,000	↑ 21,48%
COR_D#	0,1662*	6,9448	0,0239	0,000	↑ 18,08%
COR_E#	0,0732*	5,1538	0,0142	0,000	↑ 7,60%
COR_F#	0,0923*	5,7927	0,0159	0,000	↑ 9,67%
COR_G#	0,0803*	12,7608	0,0062	0,000	↑ 8,36%
COR_H#	0,0873*	11,2608	0,0077	0,000	↑ 9,13%
SAFRA#	-0,0252*	-3,1572	0,0080	0,000	↑ 2,49%
RESO#	0,1296*	16,083	0,0081	0,000	↑ 13,84%
lnDIESEL	0,4577*	7,0165	0,0652	0,000	↑ 0,45%
LnKM	0,5514*	132,995	0,0041	0,000	↑ 0,55%
LnABCR	0,4343*	10,2835	0,0422	0,000	↑ 0,43%
LNIMPORT	0,0476*	3,3679	0,0141	0,000	↑ 0,048%
LNEXPORT	-0,0467*	-4,3688	0,0107	0,000	↑ 0,047%
AR(1)***	0,2892*	26,6339	0,0108	0,000	-
R^2					0,8487
R^2 ajustado					0,8485
Observações (n)					12.551
Estatística F					4688,40*
Probabilidade (estat.F)					0,000
Durbin-Watson (DW)					2,10**

* Denota significância de 1%

** Denota significância acima de 10% (não significativo)

*** A inserção do termo autoregressivo (AR (1)) foi realizada apenas para corrigir a autocorrelação residual, não tendo seu coeficiente para a análise em questão, valor de interpretação. Neste caso, basta apenas a sua baixa significância (1%), para a finalizada proposta (Gujarati, 2006).

a interpretação exata dos coeficientes das binárias dá-se por $\Delta Y\% = 100 \times [\exp(\beta_j)-1]$; para as demais variáveis que são contínuas e estão em ln, o coeficiente é a própria elasticidade (Wooldridge, 2009).

Fonte: Dados de pesquisa (2020)

A Tabela 7 mostra que a estatística F tem um valor razoavelmente alto, indicando que pelo menos um dos coeficientes estimados é diferente de zero, o que, consequentemente, indica que pelo menos uma das variáveis independentes selecionadas é significativa. A significância do teste F era esperada, pois, pelo menos, a variável distância KM tem uma relação muito clara com os valores de frete (Correa & Caixeta Filho, 2003). Vale ressaltar que o coeficiente de determinação, R^2, apresentou um desempenho satisfatório (0,84 aproximadamente) indicando que as variáveis explicam cerca de 84% da variação observada nos valores de frete. O R^2 elevado é um dos indicativos de que o modelo está adequadamente projetado (dentro de uma análise parcimoniosa).

Variáveis referentes aos corredores de transporte

Referente ao corredor C (variável controle): o transporte por meio do corredor A seria 14,90% mais elevado; o transporte pelo corredor B seria 21,48% mais elevado; o transporte pelo corredor D seria 18,08% mais elevado; o transporte pelo corredor E seria 7,60% mais elevado; o transporte pelo corredor F seria 9,67% mais elevado; o transporte pelo corredor G seria 8,36% mais elevado; e, o transporte pelo corredor H seria 9,13% mais elevado.

Note-se que o corredor C, cuja origem das rotas é o porto de Rio Grande, é o que apresenta os menores valores de frete de fertilizantes. Fretes que partem do porto de Rio Grande apresentam menores tarifas, pois a sua logística de transporte, em razão de sua localização geográfica, está estruturada para atender a volumes bem previsíveis e com pequeno poder de atração de cargas de outras regiões. Assim, seu mercado de fretes é menos suscetível a choques de demanda. Vale ressaltar a existência de concorrência dos modais hidros e ferroviário pelo interior do Rio Grande do Sul, nas regiões produtoras de grãos (Salvador, Martins & Lobo, 2004). A rotas pertencentes ao corredor B (origem porto de Santos/SP) são as que apresentam o maior valor de frete, já dentro do esperado, considerando o grande fluxo por esse porto, para o qual circulam diferentes cargas em grandes volumes com poucas alternativas logísticas.

Variável referente ao período de safra

Referente ao período de grande escoamento da safra de grãos e importação de fertilizantes (março a agosto): se o transporte fosse realizado neste período, seria observada uma queda de 2,49% nos valores de frete de fertilizantes, em comparação com o período de setembro a fevereiro, mantendo-se as demais variáveis explicativas constantes.

Variável referente à vigência da resolução (n.5820)

Quando o frete de fertilizantes pertence ao período subsequente à data da aplicação da Resolução nº 5.820/2018 (junho de 2018 a dezembro de 2018), nota-se o aumento de 13,84% em seu valor.

Variável referente ao preço do diesel

O coeficiente estimado para o preço do diesel (em ln), corresponde à elasticidade do preço de transporte do fertilizante em relação ao preço médio do diesel. O valor do coeficiente indica que, quando o preço do diesel (Reais/ litro) aumenta 1%, o frete de fertilizantes (Reais/t) aumenta 0,475%, se todas as outras variáveis permanecerem constantes.

Como base em trabalhos correlatos, tem-se que a Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística (NTC&Logística, 2019) encontrou em 2014 o impacto de 0,35% no valor de tarifas de fretes em função do aumento de 1% no preço do diesel. Essa oscilação dá-se em função de mudanças na economia, maiores volumes movimentados de carga, maiores concorrências por veículos, problemas logísticos de transporte, crises em diversos setores da economia, incertezas de investimentos no setor, entre outros.

Variável referente à distância percorrida

O coeficiente da variável que mede a distância percorrida em km indica que, quando a distância percorrida (km) aumenta em 1%, o custo do transporte de fertilizantes (Reais/t) aumenta em 0,55%, considerando todas as outras variáveis constantes. Um grande número de estudos que trata da estrutura de custo de frete considera que a distância transportada é o principal fator para determinar os custos de transporte, independentemente do modo de transporte empregado (Correa & Caixeta Filho (2001); Martins (1998) e Oliveira (1996)). Foi também encontrada a elasticidade de

0,51 para a variável frete de fertilizantes em relação ao preço do diesel, em estudo similar para o período de 2010-14 (Lima et al., 2016).

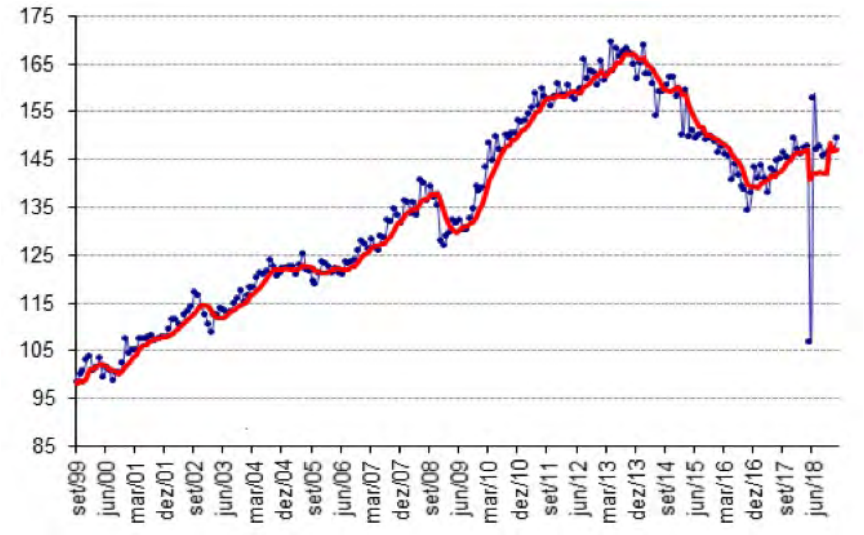
Variável referente ao contexto macroeconômico

A variável "PIB" foi considerada na estimativa inicial do modelo como uma variável macroeconômica para captação da atividade econômica nos valores de frete. Entretanto, a variável não apresentou seu coeficiente significativo e o modelo com sua inclusão não se mostrou com melhor robustez. Além disso, para o período de 2 anos analisados (2017 e 2018), não se esperavam relevantes alterações, pois a variação no PIB envolve diversos setores da economia e, para que as consequências pudessem ser observadas no setor de transporte, talvez fosse necessário uso de outra metodologia (como de séries temporais) ou até, de um período de dados maior (lembrando que, economicamente, os agentes apresentam comportamentos diferentes nos períodos de curto e longo prazos). Dessa forma, uma proxy dessa variável que apresentou uma avaliação mais direta sobre a movimentação de cargas e possível sinal de crescimento econômico foi o índice ABCR.

Ao aumento de 1% no índice ABCR, observa-se o aumento de 0,434% no valor do frete de fertilizantes, mantendo-se demais variáveis constantes. Uma vez que esse índice reflete a movimentação dos veículos nas estradas pedagiadas no Brasil, pode-se considerar que, ao aumento dessa movimentação, espera-se um aumento na demanda de veículos para transporte (diante de um aquecimento econômico) e, portanto, aumento no valor do frete.

Os dados da evolução do índice ABCR (2019), Brasil, apontam recuperação econômica nos anos de 2017 e 2018 (mesmo período dos dados analisados no modelo estimado). Nota-se, pela Figura 5, a evolução desse índice e, portanto, um sinal relativamente positivo para a indústria nesse período, seguida de maior movimentação de veículos de carga.

Figura 5 - Fluxo de veículos pesados – Brasil



*linha vermelha: média móvel semestral; linha azul: fluxo de veículos pesados

Fonte: ABCR (2019)

Variável referente ao volume de fertilizantes importados

Ao aumento de 1% no volume total de fertilizantes importados pelo Brasil, observa-se o aumento de aproximadamente 0,048% no preço do frete, mantendo-se as demais variáveis constantes. Ressalte-se que o período em que os fretes para fertilizantes apresentam aumento correspondente ao período em que há movimentação do mesmo e este não se comporta como retorno de grãos (período de setembro a fevereiro para a amostra analisada).

Variável referente ao volume de grãos (soja e milho) exportados

Ao aumento de 1% no volume total de grãos (soja e milho) exportados pelo Brasil, observa-se redução de aproximadamente 0,047% no preço do frete de fertilizantes, mantendo-se as demais variáveis constantes. Ressalte-se que o período em que a movimentação de grãos é elevada (março a agosto), o frete de fertilizantes comporta-se como retorno, apresentando, dessa forma, comportamento de redução e não concorrência por veículo de transporte.

5. CONCLUSÕES

Dentre as variáveis que impactam o preço do frete de fertilizantes analisadas no modelo as que apresentam maior relevância estão relacionadas à diferença entre os corredores utilizados para o transporte de fertilizantes, por meio do índice ABCR. Destaque-se ainda o impacto gerado a partir da criação da Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (RESO).

Os tipos de corredores aqui definidos (total de 8) foram definidos com base nos portos de maior volume de importação de fertilizantes para as rotas do período analisado (2017-2018). Em trabalho correlato, Lima et al. (2016) analisaram o frete de fertilizantes no período de 2010 a 2014 e, para esse período, observaram-se rotas em 5 corredores, baseados em portos com maiores volumes importados da região centro sul. Para a atual análise, foram somados mais três corredores em função do aumento da importância dos portos da região norte e nordeste na importação de fertilizantes. A mudança dá-se devido à expansão da fronteira agrícola para o cerrado e o nordeste brasileiros. Os corredores que se colocam com preços mais elevados são os corredores B e D, com aumento de 21,48% e 18,08%, respectivamente, frente ao corredor C que é a variável de controle. O corredor B tem origem no Porto de Santos e destino para regiões produtoras de grãos em todas as regiões do país e o corredor D tem origem no Porto de Vitória para os estados de Goiás, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Os corredores com menor aumento do frete são o corredor C, utilizado como variável de controle, e o corredor E com 7,60% de aumento frente ao corredor C. O corredor C tem como origem o Porto de Rio Grande e destino todas as regiões do país e o E tem como origem o Porto de São Francisco do Sul (SC) destino municípios do Sudeste, Centro-Oeste e Sul do país.

No que se refere ao índice ABCR, ao aumento de 1% no índice, que foi utilizado neste artigo como parâmetro para a movimentação da economia brasileira no período analisado, observa-se o aumento de 0,434% no valor do frete de fertilizantes, mantendo-se demais variáveis constantes. O aquecimento da economia, portanto, impacta no aumento dos preços dos fretes de fertilizantes.

Com relação a variável binária “RESO”, esta apresentou impacto positivo no valor do frete de fertilizantes no modelo estimado. Os preços dos fretes após o estabelecimento da tabela de fretes mínimos aumentaram cerca de 13,84% no período de junho/18 a dezembro/18. O aumento pode ser considerado expressivo por superar em muito a inflação observada no mesmo período. No entanto, não necessariamente significa que nos períodos subsequentes o aumento tenha seguido o mesmo ritmo. O aumento reflete uma mudança no patamar do preço dos fretes e, caso seja assumido que os preços estavam de fato excessivamente baixos como assinalaram os manifestantes da greve de 2018 podem-se vislumbrar dois cenários: o primeiro, no caso de a mudança de patamar do preço do frete ter atingido um valor “razoável”, é possível que os efeitos da tabela do frete se dissipem ao longo do tempo; o segundo, no caso da mudança de patamar ainda estiver aquém desde valor “razoável” e gerar novas demandas por ajustes nos pisos mínimos estabelecidos, por ocasião dos ajustes periódicos estabelecidos por meio da Lei nº 13.703/2018 (i.e, janeiro e julho de cada ano).

Como forma de evitar efeitos abruptos no preço dos fretes, esforços por parte da ANTT estão sendo feitos no sentido de estabelecer novos pisos mínimos, mais adequados à realidade do mercado e adaptados para particularidades de mercados específicos de transporte (granéis, produtos perigosos, contêineres etc.). Além disso, o aumento dos preços dos combustíveis é uma discussão recorrente entre governo e agentes do setor, no qual o intuito é buscar alternativas para “amortecer” os efeitos da oscilação ascendente do preço dos combustíveis sobre os fretes.

6. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Petróleo – ANP. (2019). Série histórica de preços de combustíveis. Recuperado em 02 de outubro de 2021, de https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/serie-historica-de-precos-de-combustiveis

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. (2018). Etapas de Implementação da Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas – PNPM-TRC. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de https://portal.antt.gov.br/etapas-de-implementacao-da-pnpm-trc

Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias – ABCR. (2019). Índice ABCR. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de https://abcr.org.br/indice/indice-abcr-do-mes

Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA. (2019). Principais Indicadores do setor de fertilizantes, 2018. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de http://anda.org.br/estatisticas/

Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística - NTC&LOGÍSTICA. (2019). Anuario-2014/2015. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de http://www.portalntc.org.br/

Alves, L.R.A. & Bacha, C.J.C. (2018). Panorama da agricultura brasileira: estrutura de mercado, comercialização, formação de preços, custos de produção e sistemas produtivos. Campinas, SP. Alinea. 318p.

Corrêa, G., Jr & Caixeta Filho, J.V. (2003). Principais determinantes do preço do frete rodoviário para o transporte de soja em grãos em diferentes estados brasileiros: uma análise econométrica. Economia Aplicada, 1(7), 189-211.

Fundação Getúlio Vargas – FGV. (2020). Índice IGP-DI. Recuperado em 06 de outubro de 2021, de http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx

Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial - ESALQ-LOG. (2020). Histórico, missão, visão e valores. Recuperado em 26 de outubro de 2021, de https://esalqlog.esalq.usp.br/sobre-o-esalq-log#

Gujarati, D. N. (2006). Econometria Básica. São Paulo, SP: Campus Elsevier.

Hoffmann, R. (2006). Estatística para Economistas. São Paulo, SP: Editora Thomson.

Judge, G. G.; Hill, R.C.; Griffiths, W.E.; Lutkepohl, H. & Lee, T.C. (1988). Introduction to the Theory and Practice of Econometrics. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Lima, L.M.; Elias, L. P.; Caixeta Filho, J. V.& Campos, J.C. (2016). Fertilizer freight rate disparity in Brazil: a regional approach. The International Food and Agribusiness Management Review (Online), 19, 109-128.

Martins, R. S. (1998). Racionalização da infra-estrutura de transporte no estado do Paraná: o desenvolvimento e a contribuição das ferrovias para a movimentação de grãos e farelo de soja. (Tese de doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, Brasil.

Michelon, E.R.S. (2007). A utilização de carga de retorno no transporte de soja: características, dificuldades e vantagens. Recuperadoem 02 de novembro de 2021, de https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2015/05/retorno-no-transporte-de-soja.pdf

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – COMEX STAT (2019). Exportação e Importação geral. Base de dados 2017-2018. Recuperado em 04 de novembro de 2021, de http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home

Ogino, C. M., Costa Junior, G., Popova, N. D., & Martines Filho, J. G. (2021). Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. Revista de Economia e Sociologia Rural, 59(1), e220367. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220367

Oliveira, J. C.V. (1996). Análise do transporte de soja, milho e farelo de soja na hidrovia Tietê- Paraná. (Dissertação de Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, Brasil.

Oliveira, C. F.; Rosa, M.J. & Caixeta Filho, J.V. (2010). Estimativa da oferta de fertilizantes como carga de retorno no ambiente portuário brasileiro entre 2005 e 2009. Informações Econômicas, 40(9): 1-9.

Oliveira, M. T. (2014). Distância psíquica e seus efeitos sobre o fluxo de exportações dos estados brasileiros. (Tese de doutorado), Universidade de Coimbra (UC), Coimbra, Portugal.

Pimentel-Gomes, F. (1987). A estatística moderna na pesquisa agropecuária. 3ª edição, Piracicaba, SP: Potafos. 162p. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de https://www.revistadeagricultura.org.br/index.php/revistadeagricultura/article/view/689/pdf_335

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Salvador, E.L.; Martins, R.S. & Lobo, D.S. (2004). Quanto custa levar a soja ao Porto. Agroanalysis (FGV) , Rio de Janeiro, 24(3), 15-18.

Schroeder, E.M.; Castro, J.C. (1996) Transporte rodoviário de carga no Brasil: situação atual e perspectivas. Produção BNDES - Artigos. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11234

Steadieseifi, M.; Dellaert, N. P.; Nuijten, W.; Woensel, T. Van. & Raoufi, R. (2014). Multimodal freight transportation planning: a literature review. European Journal of Operational Research, 233, 1-15.

Wooldridge, J.M. (2010). Introdução à econometria: uma abordagem moderna. 4 ed. São Paulo, SP: Cengage Learning. 701 p.



IMPLICATIONS OF THE NATIONAL ROAD HAULAGE THRESHOLD PRICE POLICY ON FERTILIZER LOGISTICS IN BRASIL

Lilian Maluf de Lima
ESALQ/USP

Thiago Guilherme Péra
ESALQ-LOG/ESALQ/USP

José Vicente Caixeta Filho
ESALQ/USP

RESUMO

A produção agrícola brasileira vem se expandindo e intensificando o uso de insumos como meio de ampliação da produtividade. Dentre esses insumos, destacam-se os fertilizantes, atuantes como componentes representativos nos custos de produção de uma série de cargas agrícolas brasileiras. Tais custos variam de maneira intensa ao longo do ano em função da sazonalidade, com tendência de queda durante a colheita das lavouras que permitem que o fertilizante utilize fretes de retorno e com tendência para alta durante o período imediatamente anterior ao plantio. Somado a isso, manifestações frente ao preço dos combustíveis que ocorreram em maio/2018 geraram mudanças importantes nos preços dos fretes no Brasil, acarretando o estabelecimento da Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (Agência Nacional de Transportes Terrestres [ANTT], 2018). Nesta dinâmica, a variação sazonal é discutida no período da colheita de grãos, onde o frete de retorno de fertilizantes apresenta destaque. Os principais resultados incluem o detalhamento dos efeitos dos corredores de transporte de fertilizantes, da respectiva sazonalidade, da distância percorrida, do preço do diesel e do impacto positivo (13,84%) nos fretes provocados pela Política de Pisos Mínimos.

Palavras-chave: preço, diesel, greve dos caminhoneiros.

ABSTRACT

Brazilian agricultural production has been expanding and intensifying the use of inputs as a means of increasing productivity. Fertilizers (important input), in turn, have their cost linked to logistics costs, because they are imported products that travel long distances to reach the field. These costs vary intensively throughout the year due to the seasonality, with a tendency to fall during the harvest of the crops that allow the fertilizer to use backhauling freights and, with tendency to rise during the period immediately prior to planting. In addition, the nationwide trucking strike over fuel prices that occurred in May 2018 generated significant changes in freight prices in Brazil, leading to the establishment of the National Policy of Minimum Floor of Road Transport of Loads (National Land Transportation Agency [ANTT], 2018). In this dynamic, seasonal variation is discussed during the grain harvest period, where the return freight of fertilizers is highlighted. The main results include the detailing of the effects of transport corridors, their seasonality, the distance traveled, the diesel price and the positive impact (13.84%) on freight caused by the Minimum Floors Policy.

Keywords: price, diesel, trucking strike.

1. INTRODUCTION

Agribusiness is the economic segment that contributes most to the formation of Brazil´s trade balance. In 2018 the agribusiness´ Gross Domestic Product (GDP) accounted for 21.1% of the Brazilian GDP (Applied Economics Advanced Studies Center [CEPEA], 2019). Still according to this source, estimates for the 2018/2019 harvest reached 113.5 million tons of soybeans and 92.8 million tons of maize. Of the total grain output for the 2018/2019 harvest, 44.0% was grown in the Center-West, followed by the South with 32.7%. There was a 2.5% increase between the 2017/2018 and 2018/2019 grain harvests, up from 227.7 million tons to 233.3 million tons. This means that grain output is continuing to rise steadily in Brazil, paralleled by surging demands for fertilizers. This input is particularly noteworthy for its contribution to boosting agricultural productivity in Brazil. However, dependence on sparse natural resources and extensive energy use for its processing makes agriculture and agricultural produce sensitive to supply and demand crises for this input. This justifies the importance of correlated studies examining this product in the Brazilian economy (Ogino, Costa, Popova & Martines, 2020)

Despite its massive capacity in terms of agricultural output and productivity, Brazil is still facing challenges in terms of inefficient logistics. The shortfall in its infrastructure for transportation logistics is quite significant, and offers no hint that significant improvements will be achieved over the short term. While the necessary improvements fail to materialize, transportation costs continue to rise (Oliveira, Rosa & Caixeta Filho, 2010).

It should be recalling that delivering goods at the right destination over a brief period of time and at the lowest possible costs is the key factor for successful logistics. Cargo transportation is a key supply chain component. (Steadieseifi, Dellaert, Nuijten, Woensel & Raoufi, 2014). However, agri-industrial logistics have specific characteristics that are even more challenging than other sector logistics. During the pre-harvest period, the main difficulty is transporting input materials and feedstock, particularly fertilizers, which are carried mainly as backhaul loads and require suitable vehicles, as they are often rated as hazardous.

After transporting and offloading its cargo, a vehicle may be loaded with secondary goods that are compatible with its structure, with packaging linked to strategic interests or closely related to cost savings by the agents involved in the market (Oliveira, Rosa & Caixeta Filho, 2010). Different agricultural goods, input materials, feedstock and produce are dependent on the availability of vehicles that are appropriate for the goods to be transported, and also available nearby. During the post-harvest period, losses are caused mainly by unsuitable transportation.

The importance of logistics studies lies in their impacts on setting prices for agricultural produce. As a result, this may have significant effects on end prices, becoming a determining factor in production chain dynamics and the sale of agricultural produce as a whole. For agricultural wares, efficient logistics are particularly essential to keep their prices stable on competitive markets. As the value of agricultural produce is low, compared to its volumes, transportation costs constitute an important part of the price, in contrast to high added value goods.

In a general context, this paper analyzes the impact of the establishment of the National Road Haulage Threshold

Price Policy established by the Brazilian Government in response to Brazilian truckers' strikes in May 2018. More specifically, a multiple linear regression econometric model was used, in order to obtain the elasticity required for this shift in fertilizer freight rates. A binary variable was used to reflect the "previous" and "subsequent" periods book-ending the truckers' strike (May 2018), as a proxy for analyzing the impact of the policy, as a consequence of these protests. For a closer adjustment of the estimated model, other variables were taken into consideration that are also important in the context of the entire logistics analysis that explain variations in Monthly freight charges for fertilizers in 2017 and 2018. They include: distances between places of origin and the shipping destination (kms), the main transportation corridors (they were classified according to route vocations – for example, if a destination was located directly in a grain-growing region, or if this was a backhaul load for exporting grains), diesel prices, fertilizer imports and grain volumes (maize and soybeans) and a proxy for capturing the effects of Brazil´s economic growth, represented by the index drawn up by the Brazilian Highway Concessionaires Association (ABCR – *Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias*, 2019). Other variables were initially considered, such as soybean prices, for example, but were disregarded, as they presented multi-collinearity problems with other variables in the model, thus offering a better econometric adjustment for the issue under analysis.

2. THEORETICAL GROUNDS: FERTILIZER TRANSPORTATION AND THE MARKET

In 2017, fertilizer consumption topped 34.5 million tons, with imports of 26.3 million tons and local output of 6.7 million tons, according to the National Manures Dissemination Association (ANDA – *Associação Nacional para Difusão de Adubos* [ANDA], 2019). Imports have surged significantly during the past few years: up from 21.1 million tons in 2015 to 27.5 million tons in 2018 (the year of the truckers' strike). These massive consumption and import volumes are carried mainly by road. Brazil's cargo transportation share-out leans heavily on its highway network. This is the outcome of a process that lasted for decades, pursuing rapid growth that was disproportional, compared to other types of transportation (Schroeder & Castro, 1996).

With no feasible alternatives available, growers must bear high transportation costs over long distances. Hampered by limited infrastructure, road transportation suffers from massive bottlenecks during peak harvest periods, due to traffic jams and vehicle shortages. These difficulties in road transportation are reflected in the contracted freight rates, particularly on the spot market, where prices are not fixed or agreed in advance. Looking at the fertilizer transportation dynamic, variables may be identified that influence freight rates, offering a better understanding of the operations and efficiency of these transportation systems.

In the developed countries, freight usually accounts for some 60% of logistics costs, which is why contracting transportation services requires efficiency and quality (Rodrigues, 2007). In Brazil, road haulage accounts for two-thirds of the nation´s total cargoes (Lima, Elias, Caixeta Filho & Campos, 2016). Freight rates are associated with a wide variety of variables, normally depending on distances covered. Consequently, all costs charged independently of the truck type are considered to be fixed, and those that vary according to the distances covered are ranked as variable (Lima et al., 2016).

The main freight charges are underpinned by fuel prices, road tolls, labor costs, truck financing costs, highway conditions, loading hazards (inflammable or high value) and whether or not this is a backhaul freight (Steadieseifi et al., 2014). With regard to operating costs, this encompasses tires, fuels, taxes, licensing, insurance, driver wages, lube oils, maintenance, road tolls and back-office expenses. Depreciation also pumps up costs (capital that must be set aside for replacing the asset at the end of its useful life), and the opportunity cost (return on capital). Although not disbursed, these are also viewed as capital reserves that must be ser aside for replacing the fleet (Lima et al., 2016).

In addition to variables defining the freight, there are additional factors, which include seasonality, backhaul freights, and general economic conditions – which are particularly noteworthy in Brazil due to its 2018 truckers' strike, reshaping the price structure in this sector.

Like most agricultural produce, fertilizers are also subject to seasonal effects. Most fertilizers are delivered to end-consumers between August and October, together with intermediate fertilizers imports, according to ANDA (2019). High demands during this period have positive impacts on fertilizer freight rates, spurred by the start of the planting season, known as the summer harvest.

In order to lessen the negative effects of these bottlenecks on the end prices of products, some agricultural wares are carried by backhaul freight. Backhaul freights are intended to lower total transportation costs, by charging road freight from one side to the other. Some goods using this strategy are limestone, cement, soy bran, wheat, bagged sugar, sorghum, citrus pulp, seeds, plaster, finished industrialized goods, and construction materials like bricks, tiles and many others. The combination that occurs most in Brazil is soybeans with fertilizer as a backhaul freight (Michelon, 2007).

The third and most recent aspect that has impacted freight charges is the 2018 introduction of Brazil´s National Road Haulage Threshold Price Policy, originally issued through Provisional Measure Nº 832, promulgated on May 27, 2018, and converted into Law Nº 13.703, promulgated on August 8, 2018, and regulated through Resolution Nº 5,820/2018 and subsequent alterations, issued by Brazil's Land Transport Regulator (ANTT). The 2018 trucker protests targeting fuel price hikes imposed enough political pressure for the government to yield and comply with the strikers´ demands. The main demand that arose during these strikes was related to diesel prices, with the agenda also including a request to draw up a freight charges table that would ensure revenues for truckers and keep pace with the steady stream of price increases for transportation inputs, particularly fuels.

The outcome of the political pressure imposed by these protests was Provisional Measure Nº 832 2018 (National Road Haulage Threshold Price Policy), whose purpose is to "encourage reasonable conditions for chartered transportation all over Brazil, in order to provide adequate payment for services rendered", with the ANTT holding jurisdiction for regulating this issue.

Issued on May 30, 2018, by the ANTT, Resolution Nº 5,820 published a table with the minimum freight rates by loaded kilometer driven, and by loaded axle for different cargo categories (general, bulk, reefer, hazardous and neo-bulk), not including tolls and taxes.

With this freight rates table established, questions arose on its effects in terms of freight prices and consequently farming and ranching production costs. The next section presents the methodology used in this paper, with more detailed descriptions of all the variables taken into consideration for the analysis.

3. METHODOLOGY

The methodology is based on an estimation reached through a multiple linear regression model, using the Ordinary Least Squares (OLS) technique (Gujarati, 2006). The estimated coefficients are used to capture the influence of each explanatory variable in the fertilizer freight charges (dependent variable).

Thus, a dependent variable (FREIGHT) is defined as the price in Brazilian BRL per ton (BRL/t), with tolls included, without the State Goods and Services Circulation (ICMS) Tax and with no insurance, charged by hauliers for shipping bulk fertilizers by road, depending on the origins and destinations of the loads.

These data are based on a set of 12,551 observations taken between January 2017 and December 2018, grouped by freight origin and destination. Each observation in the database refers to a route; a specific route may be used by different hauliers, adding up to a significant number of routes each month. It is stressed that the months during the period under analysis do not necessarily encompass the same routes. If routes are repeated in several months, these routes may also present different amounts within a single month, due to the fact that these trips were undertaken by different hauliers.

The freight information reflects the amounts charged in practice, drawn from the database of the Agri-Industrial Logistics Extension and Research Group (ESALQ-LOG, 2020). It is stressed that these figures do not correspond to information from self-employed drivers, consisting only of freight rates charged by haulage companies (corporate freight). With regard to the explanatory variables in the model, detailed information on the selection and specification of each variable is presented below.

3.1 Detailed information on the selection and specification of each variable

FERTILIZER TRANSPORTATION CORRIDORS

Eight binary variables linked to eight fertilizer transportation corridors were defined: COR_A, COR_B, COR_C, COR_D, COR_E, COR_F, COR_G and COR_H. These transport corridors are used for carrying most of the fertilizers consumed in Brazil.

The classification of routes drawn from the ESALQ-LOG (2020) database into eight corridors was based on a correlated study analyzing fertilizer freight rates by routes that were split into five transportation corridors (Lima et al., 2016) with greater representativity for fertilizer imports through ports. The main ports by fertilizer imports volumes in 2017 and 2018 (data period), are listed in Table 1 (Ministry of Industry, Foreign Trade and Services [COMEX STAT], 2019).

Table 1 - Total fertilizer imports by port, 2017 – 2018.

Port	2018		2017	
	tons	%	tons	%
Paranaguá (PR)*	9,708,092	32.86	9,233,031	32.29
Rio Grande (RS)*	4,738,602	16.04	4,379,809	15.32
Santos (SP)*	4,650,766	15.74	4,533,551	15.85
São Francisco do Sul (SC)*	2,042,019	6.91	2,380,870	8.33
São Luís (MA)*	2,038,745	6.90	1,747,266	6.11
Vitoria (ES)*	1,835,419	6.21	2,071,849	7.25
Salvador (BA)	1,215,129	4.11	1,173,916	4.11
Others	3,311,896	11.21	3,076,646	10.76
TOTAL	29,540,668	100	28,596,939	100

* Together, these ports account for more than 80% of total fertilizer imports in 2017 and 2018.

Source: COMEX STAT (2019)

Consequently, the routes taken from the ESALQ-LOG (2020) database were clustered into corridors; some corridors have routes that originate in the six main fertilizer import ports (defined in Table 2 and together accounting for more than 80% of total fertilizer imports) that are intended for fertilizer blending industries and their surroundings, and/or areas where grains are grown (soybeans and maize). Other routes are clustered into a corridor whose origins are fertilizer blending plants, with destinations that are grain-growing hubs. This classification into corridors is described in greater detail in Table 2.

Table 2 – Classification of routes from the ESALQ-LOG database (2020) into eight transportation corridors.

Corridor A (COR_A)	**Origin**	Routes originating in the Port of Paranaguá (PR)
	Destination	Grain-growing areas, fertilizer blending plants and their surroundings; municipalities in the following States: Goiás, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo and Tocantins.
Corridor B (COR_B)	**Origin**	Routes originating in the Port of Santos (SP)
	Destination	Grain-growing areas, fertilizer blending plants and their surroundings; municipalities in the following States: Goiás, Espirito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rondônia and São Paulo.
Corridor C (COR_C)	**Origin**	Routes originating in the Port of Rio Grande (RS)
	Destination	Grain-growing areas, fertilizer blending plants and their surroundings; municipalities in the following States: Goiás, Amazonas, Federal District, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Tocantins and São Paulo.
Corridor D (COR_D)	**Origin**	Routes originating in the Port of Vitoria (ES)
	Destination	Grain-growing areas, fertilizer blending plants and their surroundings; municipalities in the following States: Goiás, Minas Gerais and Rio de Janeiro.
Corridor E (COR_E)	**Origin**	Routes originating in the Port of São Francisco do Sul (SC)
	Destination	Grain-growing areas, fertilizer blending plants and their surroundings; municipalities in the following States: Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina and São Paulo.
Corridor F (COR_F)	**Origin**	Routes originating in the Port of São Luís (MA)
	Destination	Grain-growing areas, fertilizer blending plants and their surroundings; municipalities in the following States: Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Para, Piauí and Tocantins.
Corridor G (COR_G)	**Origin**	Routes originating in fertilizer blending plants and their surroundings; municipalities in the following States: Alagoas, Bahia, Federal District, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Para, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe, São Paulo and Tocantins.
	Destination	Grain-growing areas and their surroundings; municipalities in the following States: Alagoas, Bahia, Ceará, Federal District, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Para, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio Grande do Norte, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe, São Paulo and Tocantins.
Corridor H (COR_H)	**Origin**	Routes originating in other Ports: Salvador (BA), Aratu (BA), Porto Alegre (RS), Santarém (PA), Barcarena (PA), Imbituba (SC), Aracaju (SE), Recife (PE), Fortaleza (CE), Guarujá (SP), Vila Velha (ES) and Cubatão (SP).
	Destination	Grain-growing areas, fertilizer blending plants and their surroundings; municipalities in the following States: Goiás, Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Para, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina and São Paulo.[1]

Source: research data (2020)

1 Cubatão is located 12 kms from the Port of Santos, both in São Paulo State.

VARIABLE REFLECTING THE EFFECTS OF RESOLUTION Nº 5,820, PROMULGATED ON MAY 30, 2018

As a way of absorbing the effects of the table establishing a threshold price for freight rates, a binary variable is used (RESO). The RESO variable takes a value of 1 for the months subsequent to the month in which Resolution Nº 5,820 came into effect (May 2018)[2], in other words, from June 2018 onwards (inclusive); and is assigned a zero value for months prior to the month in which this Resolution was promulgated, including May 2018.

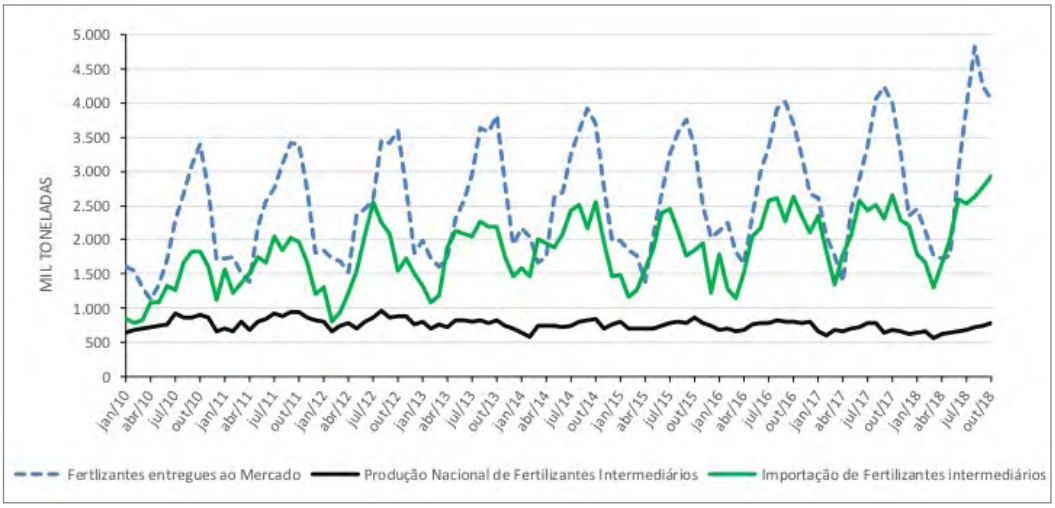
HARVEST

Like other agricultural goods, fertilizers are also seasonal, with periods of heavier shipping and transportation, which may be classified as harvest periods. Consequently, a binary HARVEST variable (SAFRA) is taken into consideration, with a value of 1 in the months with more fertilizer shipments, and zero value otherwise.

It is known that most fertilizers are shipped as backhaul loads for exported grains (March to May) together with the maize sub-harvest planting period (June-August at its peak) (Alves & Bacha, 2018).

Figure 2 shows seasonal changes in fertilizer deliveries, domestic output and imports. Brazilian fertilizer shipments begin to rise during the second quarter of the year (March to May), when grain planting begins (mainly soybeans), as well as its highest exports (Figure 3). In these cases, fertilizers are backhaul loads from ports specializing in grain exports and fertilizer imports. It is also noted that these fertilizer demands/deliveries to end-consumers remain steady during the second half of the year, particularly in July and August, when the second maize harvest begins, and also with grains shipped out for export, with maize the most evident during this period (see Figure 1).

Figure 1 – Fertilizers delivered to end-consumers, Brazilian output of intermediate fertilizers, and fertilizer imports for the total produced, 2010-2018*.



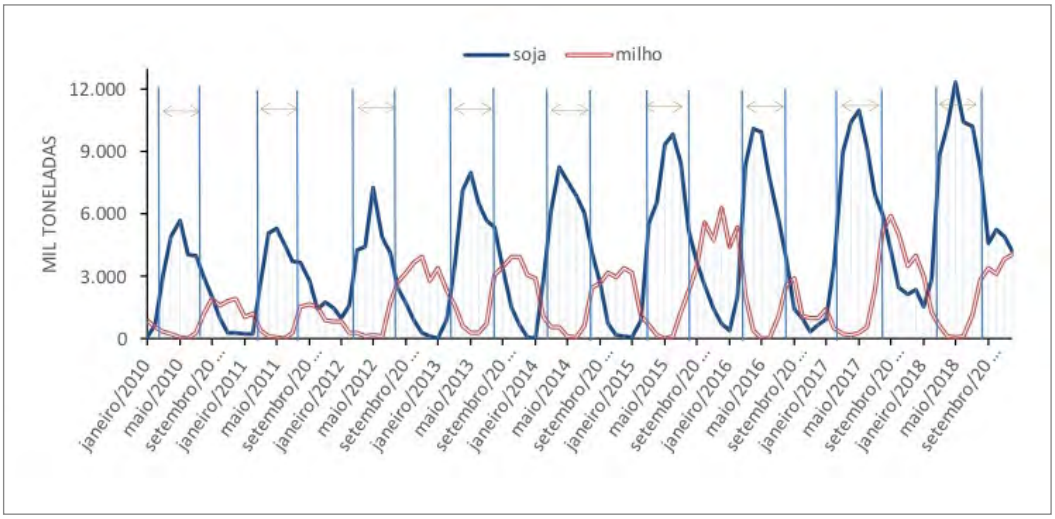
* The final period presented here is compatible with the period in the series provided for freight (through to December 2018).

Source: ANDA (2019)

2 Detailed information on the full background of the implementation of the ANTT Regulation (2018) establishing the National Road Haulage Threshold Price Policy is available at: https://portal.antt.gov.br/etapas-de-implementacao-da-pnpm-trc

Figure 2 shows that soybean exports peak between March and May, with maize exports taking place from June to August. Consequently, the period from March to August sees high grain (soybeans + maize) export volumes, which coincided with high fertilizer import volumes (see Figure 1), with fertilizer classified during this period as a backhaul load (see the "arrows" in Figure 2).

Figure 2 - Grain exports (maize and soybeans) volume, 2010-2018*.



* The final period presented here is compatible with the period in the series provided for freight (through to December 2018).

Source: COMEXT STAT (2019)

Consequently, the HARVEST (SAFRA) variable takes a value of 1 (highest fertilizer movement) for March through August, and zero for the other months. It is thus expected that, during the period when fertilizer is a backhaul load (March to August), its freight should shrink, and should rise when it is not a backhaul load for grains (September to February), because of high consumption for planting, with truck demands.

FERTILIZER IMPORT VOLUMES

With rising fertilizer imports, it is expected that the demand for trucks will rise in parallel, with resulting increases in freight rates. Through the analysis presented in Figure 1, as discussed above, it is noted that fertilizer imports and consumption peak during September and October. During this period, fertilizer is not classified as a backhaul load, which pumps up freight rates.

Consequently, the continuous import variable may present an estimated coefficient that reflects higher freight rates as imported volumes rise. Information on fertilizer imports by Brazil was obtained from the COMEXT STAT database (2019), in kg.

GRAIN EXPORT VOLUMES (MAIZE AND SOYBEANS)

With grain (soybeans and maize) exports rising, as shown for the period between March and August in Figure 2, demands for backhaul freight for fertilizers is also expected to increase, with a resulting reduction in freight rates. Consequently, the continuous EXPORT variable may present an estimated coefficient that reflects the reduction in fertilizer freight rates as a backhaul load, in parallel to the increase in grain export volumes. In this case, the backhaul freight rate may be considered as an opportunity cost. Fertilizer shippers

striving to minimize costs, and hauliers striving to maximize profits are aligned in their wish to obtain backhaul freights (Oliveira, Rosa & Caixeta Filho, 2010). The information on grain (soybeans and maize) exports was obtained from the COMEXT STAT database (2019), in kg.

DISTANCE COVERED (KM)

The costs incurred independently of truck movements are considered as fixed, while those for varying distances covered are rated as variable. Most freight cost variables are associated directly with distances travelled. Consequently, distance travelled is directly proportional to the freight price. Many studies have underpinned this relationship, such as Correa & Caixeta Filho (2003) and Lima et al. (2016).

Consequently, the distance (KM) continuous variable may present an estimated coefficient that reflects the increase in fertilizer freight rates, as the distance travelled (KM) increases. It is appropriate to comment that the length of each route (in kilometers) is provided by ESALQ-LOG (2020), together with the respective freight costs.

DIESEL PRICE

Some of the main components that influence freight rates are operating costs, which depend on the vehicle used (Correa & Caixeta Filho, 2003). In view of the predominance of road transportation in Brazil, fuel is the main component among the variable costs constituting the operating costs (Steadieseifi et al., 2014). Consequently, a positive variable in its price may have direct impacts on freight charges.

As a result, the DIESEL continuous variable may present an estimated coefficient that reflects the increase in the fertilizer freight rates, as diesel prices rise.

The diesel price dataset for 2019 was obtained from the Brazilian Oil, Gas and Biofuels Industry Regulator (ANP) in BRL/liter.

ECONOMIC GROWTH OF BRAZIL

The ABCR Index measures the tolled flow of vehicles on highways, and is calculated by the Brazilian Highway Concessionaires Association (ABCR, 2019) together with the Tendências Consultoria Integrada consulting firm. This index may be used as a proxy for Brazil´s economic growth, as it reflects vehicle movements (here considering heavy vehicles carrying cargoes).

Thus, the continuous ABCR variable may present an estimated coefficient that reflects the increase in the fertilizer freight rate as the ABCR Index increases for heavy vehicles in Brazil. The monthly information in the ABCR Brazil Index was obtained from the ABCR website (2019), calculated on a 1999 baseline.

3.2 Empirical model

The information used in the sample in question encompasses routes covered by fertilizers between January 2017 and December 2018, totaling 12,551 data. The fertilizer freight rate information provided by ESALQ-LOG (2020) and information on diesel prices were deflated by the General Price Index – Domestic Availability (IGP-DI) issued by the Getúlio Vargas Foundation (FGV) (2020) and baselined to December 2018 (following the last month of the available freight dataset).

Thus, the estimated model for fertilizer freight prices based on the specification of the variables described above, is represented by the following equation:

$$lnY = \alpha + \sum_{i=1}^{8} \beta_i X_i + \sum_{j=1}^{2} \beta_j X_j + \sum_{k=1}^{2} \beta_k X_k + \beta_w lnX_w + \beta_m lnX_m + \beta_o lnX_o + \beta_p lnX_p + \beta_p lnX_p + \varepsilon \quad (1)$$

Wherein:

lnY corresponds to the natural logarithm for the fertilizer freight price in BRL/t, with no insurance, no State Goods and Services Circulation (ICMS) Tax and with highway tolls;

i corresponds to the corridors whose routes are classified as follows: Corridor A (i=1); Corridor B (i=2), Corridor C (i=3), Corridor D (i=4), Corridor E (i=5), Corridor F (i=6), Corridor G (i=7) and Corridor H (i=8);

j corresponds to the period with the heaviest fertilizer movements, which coincides with the heaviest grain export period (soybeans and maize) and the start of the maize harvest – if the period is March and August (j=1); other months (j=0);

k corresponds to the period subsequent to the month in which Resolution Nº 5,820 was promulgated (May 2018) – if the period is June - December 2018 (k=1); remaining period (k=0);

α, β_i, β_j, β_k, β_w, β_m, β_o, β_p, β_q are the estimated parameters for the proposed model;

X_i refers to the binary variable corresponding to the i-th type of Corridor: COR_A, COR_B, COR_C, COR_D, COR_E, COR_F, COR_G and COR_H, respectively, as described above for the variables;

X_j refers to the binary variable corresponding to the months with heaviest fertilizer movements (March to August), called theHARVEST (SAFRA) in the description of the variables (2.1.1);

X_k refers to the binary variable corresponding to the period subsequent to the month in which Resolution Nº 5,820 (May 2018) came into effect, called “RESO”;

lnX_w refers to the natural logarithm for the mean diesel price in Brazil (BRL/liter);

lnX_m refers to the natural logarithm for the length of each fertilizer route (km);

lnX_o refers to the natural logarithm for the ABCR Index proxy for economic growth);

lnX_p refers to the natural logarithm for Brazil´s total grain exports (soybeans and maize), in 2017 and 2018;

lnX_q refers to the natural logarithm for total fertilizer imports by Brazil in 2017 and 2018;

ε corresponds to the random error term with an assumed distribution of N(0,1).

The R-Studio (R Core Team, 2021) software was used to estimate the regression parameters, as well as conducting specific tests and other auxiliary graphs used in the residuals analysis.

4. FINDINGS AND DISCUSSION

The model presented its findings through estimates obtained by a multiple linear regression that provides consistent and efficient estimates based on the Ordinary Least Squares (OLS) method. The use of the natural logarithm for the quantitative variables resulted in a better adjustment of the estimates in the model, in addition to presenting the results directly in elasticities for analyzing these variables (Gujarati, 2006).

Table 3 presents a description of the binary explanatory variables taken into consideration, and their respective descriptive statistics observed during the monthly period in 2017 and 2018.

Table 3 – Description of the binary explanatory variables and the respective descriptive statistics

Variables	Description	Mean	Maximum	Minimum	Standard Deviation
COR_A	1 if the route belongs to Corridor A, 0 otherwise	0.136	1	0	0.342
COR_B	1 if the route belongs to Corridor B, 0 otherwise	0.022	1	0	0.146
COR_C	1 if the route belongs to Corridor C, 0 otherwise	0.297	1	0	0.457
COR_D	1 if the route belongs to Corridor D, 0 otherwise	0.003	1	0	0.058
COR_E	1 if the route belongs to Corridor E, 0 otherwise	0.024	1	0	0.153
COR_F	1 if the route belongs to Corridor F, 0 otherwise	0.025	1	0	0.157
COR_G	1 if the route belongs to Corridor G, 0 otherwise	0.355	1	0	0.478
COR_H	1 if the route belongs to Corridor H, 0 otherwise	0.138	1	0	0.345
HARVEST	1 if the belongs to the period from March to August, 0 otherwise	0.511	1	0	0.500
RESO	1 if the belongs to the period subsequent to the Resolution (May 2018), 0 otherwise	0.286	1	0	0.452

Source: Research data (2020)

Analyzing the sample data for the binary variables (Table 3), it is noted that most of the routes belong to Corridors G and C, respectively accounting for 35% and 29.7%. It is also noted that these are domestic flows (originating in fertilizer blending plants and their surroundings, for shipping to agricultural hubs) and routes originating in the Port of Rio Grande (RS), intended for agricultural hubs (see Table 2). Furthermore, 51.1% of the sample consists of routes driven between March and August (already defined above as the period with the heaviest fertilizer shipments together with huge grain export flows). For the period when Resolution Nº 5,820 was in effect, it is noted that 28.6% of the information used corresponds to freights subject to this Resolution.

Table 4 presents a description of the continuous explanatory variables taken into consideration and their respective descriptive statistics, observed during the monthly period in 2017 and 2018.

Table 4 – Description of the continuous explanatory variables and respective descriptive statistics

Variables	Description	Mean	Maximum	Minimum	Standard Deviation	CV (%)
DIESEL (deflated)	Deflated diesel price (BRL/liter) per month	3,395	4,022	2,977	0.203	5.97
KM	Distance in kms for each fertilizer route	948	4,336	11	701	73.97
ABCR	ABCR Index used as a proxy for economic growth	145	159	114	10	7.18
EXPORT (t)	Brazil's total grain exports in 2017 – 2018	8,678,309	12,410,850	2,364,214	2,620,249	30.19
IMPORT (t)	Brazil's total fertilizer imports in 2017 – 2018	2,485,191	3,516,736	1,535,562	597,440	24.04
LNDIESEL (deflated)	Deflated diesel price (BRL/liter) per month	1,221	1,392	1,091	0.059	4.84
LNKM	Distance in kms for each fertilizer route	6,551	8,375	2,398	0.862	13.16
LNABCR	In for the ABCR Index used as a proxy for economic growth	4,974	5,070	4,733	0.075	1.51
LNEXPORT	In for Brazil's total grain exports in 2017 – 2018	22,819	23,242	21,584	0.401	1.76
LNIMPORT	In for Brazil's total fertilizer imports in 2017 – 2018	21,603	21,981	21,152	0.253	1.17

Source: Research data (2020)

Analyzing the data in Table 4, it is noted that the distance traveled along the routes encompassed by the sample has an average length of 948 km, which corresponds to 145 on the main ABCR Index for the period covered by the data, with the average monthly diesel price deflated by this data reaching 3,395 BRL/liter. With regard to sale variables, for the period under analysis, Brazil's average grain exports (maize and soybeans) reached 8.67 million tons, and the mean volume of fertilizers imported by Brazil was 2.48 million tons.

The descriptive statistical values for the variables in natural logarithms were presented (in grey for the above table) for calculating only the variable coefficient. As the data were taken into consideration in a model estimate, the VC (Variation Coefficient) values show that for ln, the value scatter for each variable in terms of its mean is relatively minor, meaning close to or under 10%.

The VC assesses the variability of the data in a relative manner, through calculating the ratio between the standard deviation and the mean (Hoffmann, 2006). This value allows an assessment of the percentage variability of the data in relation to their means. When studying the VC in several agricultural analyses, Pimentel-Gomes (1997) proposed the following classification: low, when under 10%; medium, between 10% and 20%; high, between 20% and 30%; and very high, at over 30%

Analysis of the residuals

To test the model consistency, some procedures were adopted. Initially, the White test was applied, checking whether null hypothesis that the residuals variance in the initially adjusted model is constant (homoscedasticity) and was rejected at the level of 1% significance, indicating the heteroskedasticity of the model. As a result, the White robust correction was used, as it adjusts standard errors in heteroskedasticity of the model, when its standard it not known in practice (Table 5).

Table 5 – White test result

Number of observations x R2	Chi-Square Prob.
1692.75	0.0000*

before the use of the White robust correction. * significant (significance of under 1%)

Source: Research data (2020)

However, the presence of heteroskedasticity is not unexpected in cross-section data as occurred in this case, and the need for correction does not undermine the consistency of its estimators.

Although not commonly used for cross-section data, a test to check the presence of residual auto-correlation was applied, namely the Durbin Watson test (Gujarati, 2006). The statistic calculated through the Durbin Watson test was 1.43, denoting the presence of residual auto-correlation, as the null hypothesis of absence of auto-correlation was rejected. Consequently, the insertion of the freight cost as an auto-regressive component (AR (1)) in the explanatory variables (with a respective significant estimated coefficient at 1%), resulted in a Durbin Watson test value of 2.10. In this case, the null hypothesis of the absence of auto-correlation was not rejected at 1% significance, as its absence was noted, denoting a successful correction.

Regarding the relation between the explanatory variables in the estimated model, the presence of multi-collinearity among these variables was discarded: for the binary in each binary category (group) one variable was omitted (control variable or baseline variable) through which the others are classified; for the continuous variables, the Variance Inflation Factor (VIF) was calculated for this assessment (Table 6), below.

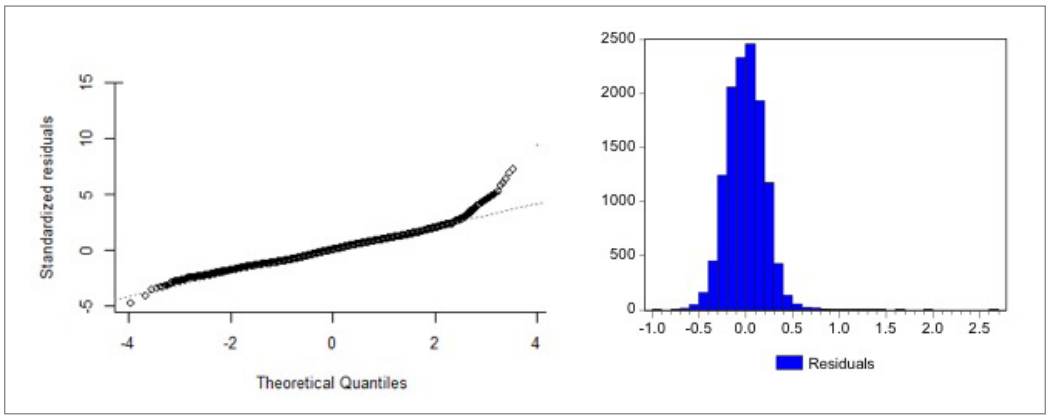
Table 6 – VIF values for the multi-collinearity assessment of the continuous explanatory variables

LN_KM	LN_EXPORT	LN_IMPORT	LN_ABCR	LN_DIESEL
1,018	1,323	1,119	1,419	1,056

Fonte: dados de pesquisa (2020)

Following the procedure proposed by Gujarati (2006), the VIF values calculated were well below 10, denoting the absence of multi-collinearity among the continuous variables in the estimated model. It must also be stressed that there is no evidence that the errors do not follow a normal distribution, represented by the dotted straight line in Figure 3 (a): the closer the values in the dataset are to this line, the stronger the evidence that the residuals series is close to normal.

Figure 3 - QQ – Plot of the residuals (a) and Histogram of the residuals (b)



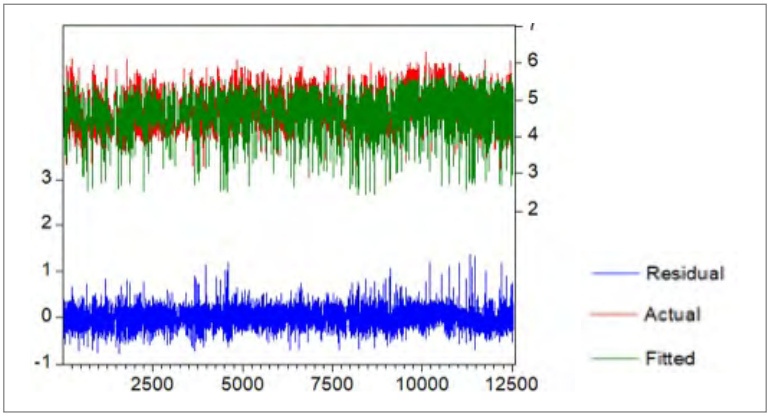
Source: Research data (2020)

Figure 3 (b) also shows that the residuals have a normal distribution, although the Jarque Bera test raised a rejection of the null hypothesis of normality of the errors (as the asymmetrical values = 0.5819; kurtosis = 7.7738; size (n) = 12,551, JB statistic = 12625,42, with a significant probability of zero, rejecting the null hypothesis of normality of the residuals). Even if this hypothesis is not validated, it is still possible to infer the normality of the residuals when there is a sample that is large enough to fall under the Law of Large Numbers (Judge, Hill, Griffiths, Lutkepohl & Lee, 1988; Oliveira, 2014). The model estimated here used a relatively large sample of 12,551 data.

3 Asymptotic normality test. Jarque, C. M. & Bera, A.K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. International Statistical Review, 55, 163-172 - citado por Gujarati (2006, p. 119).

Figure 4 shows the regression adjustment of the values observed in the fertilizer freight rates (green and red lines). This graph shows the existence of a good regression adjustment to the data over much of the period analyzed. The more the green line overlaps the red, the better adjusted the estimated equation, meaning that the greater the description of the observed dataset. The blue line in Figure 4 represents the regression residuals, meaning the difference between the observed and adjusted dataset. The more this line fluctuates, the stronger the evidence that the part not explained by the model is extremely random.

Figure 4 – Behavior of the estimated x observed dataset



Source: Research data (2020)

Information was excluded whose routes have the same municipalities of origin and destination, with distances calculated as "zero" km.

Estimated Coefficients

The results of the multiple linear regression of the final estimated model are presented in Table 7. The table shows the values of the coefficients and the respective statistic-t values for each explanatory variable. The coefficient values for the Corridor C (Cor_C) variable were omitted from the table, as this corridor was selected as the control variable for the "Corridors" category, for the purposes of specification and analysis of the model results.

Table 7 – Estimated coefficients for the explanatory variables in the regression model

Explanatory variables	Coefficients	Statistic *t*	Standard deviation	value-*p*	Elasticities#
constant	-1.7410*	-4.6310	0.3759	0.000	-
COR_A#	0.1389*	18.4351	0.0075	0.000	↑ 14.90%
COR_B#	0.1945*	14.2748	0.0136	0.000	↑ 21.48%
COR_D#	0.1662*	6.9448	0.0239	0.000	↑ 18.08%
COR_E#	0.0732*	5.1538	0.0142	0.000	↑ 7.60%
COR_F#	0.0923*	5.7927	0.0159	0.000	↑ 9.67%
COR_G#	0.0803*	12.7608	0.0062	0.000	↑ 8.36%
COR_H#	0.0873*	11.2608	0.0077	0.000	↑ 9.13%
HARVEST#	-0.0252*	-3.1572	0.0080	0.000	↑ 2.49%
RESO#	0.1296*	16.083	0.0081	0.000	↑ 13.84%
lnDIESEL	0.4577*	7.0165	0.0652	0.000	↑ 0.45%
LnKM	0.5514*	132.995	0.0041	0.000	↑ 0.55%
LnABCR	0.4343*	10.2835	0.0422	0.000	↑ 0.43%
LNIMPORT	0.0476*	3.3679	0.0141	0.000	↑ 0.048%
LNEXPORT	-0.0467*	-4.3688	0.0107	0.000	↑ 0.047%
AR(1)***	0.2892*	26.6339	0.0108	0.000	-
R^2					0.8487
R^2 ajustado					0.8485
Observações (n)					12% (percent), 551
Estatística F					4688.40*
Probabilidade (estat.F)					0.000
Durbin-Watson (DW)					2.10**

* Denotes significance of 1%

** Denotes significance of more than 10% (not significant)

*** The insertion of the autoregressive (AR (1)) term was undertaken only to correct the residual, with its coefficient having no interpretation value for the analysis in question. In this case, its low significance (1%), is enough for the completed proposal (Gujarati, 2006).

The exact interpretation of the binary coefficients is undertaken through $\Delta Y\%=100\times[\exp(\beta_j)-1]$; for the other variables that continuous and in ln, the coefficient is the actual elasticity (Wooldridge, 2009).

Source: Research data (2020)

Table 7 shows that the Statistic F has a reasonably high value, indicating that at least one of the estimated coefficients is other than zero, and consequently indicating that at least one of the selected independent variables is significant. The significance of the F test was expected because at least the KM distance variable has a very clear relation with the freight rates (Correa & Caixeta Filho, 2003). It is worth stressing that the R^2 determination coefficient presented a satisfactory performance (of approximately 0.84), indicating that the variables explain around 84% of the variations noted in the freight rates. This high R^2 is one of the indicators that the model is properly designed (within a sparse analysis).

Variables for the transportation corridor

For Corridor C (control variable): transport through Corridor A would be 14.90% higher; transport through Corridor B would be 21.48% higher; transport through Corridor D would be 18.08% higher; transport through Corridor E would be 7.60% higher; transport through Corridor F would 9.67% be; transport through Corridor G would be 8.36% higher; and, transport through Corridor H would be 9.13% higher.

It is noted that Corridor C, whose routes originate in the Port of Rio Grande, has the lowest fertilizer freight rates. Cargoes shipped out of the Port of Rio Grande have low rates, as its transportation logistics is structured to handle clearly foreseeable volumes, due to its geographical location, with little power for attracting loads from other regions. Consequently, its freight market is less prone to demand surges. It is worth stressing the existence of competition from the hydro and rail modes through upstate Rio Grande do Sul, in grain-growing regions (Salvador, Martins & Lobo, 2004). The routes in Corridor B (originating in Port of Santos, São Paulo State) have the highest freight values within the expected bracket, due to heavy flows through this Port, through which different goods are shipped in massive volumes, with few logistics options.

Variable for the harvest period

This variable covers the period when huge volumes of grains are shipped out after harvesting, and fertilizers are shipped in (March to August): if the goods were shipped during this period, a drop of 2.49% in the fertilizer freight rates would be noted, compared to the period between September and February, with the other explanatory variables remaining constant.

Variable for Resolution Nº 5,820 coming into effect

When fertilizer freight rates belong to the period after the promulgation date of Resolution Nº 5,820/2018 (June to December 2018) an 13.84% increase in these values is noted.

Variable for diesel prices

The estimated coefficient for diesel prices (in ln), corresponds to the fertilizer haulage price elasticity compared to the mean diesel price. The value of this coefficient indicates that when the diesel price (BRL/liter) rises 1%, fertilizer freight costs (BRL/t) increase 0.475%, if all the other variables remain constant.

Based on correlated works, the National Logistics and Cargo Transportation Association (NTC&Logística, 2019) found an impact of 0.35% on freight rates in 2014, resulting from a 1% increase in diesel prices. This variation was caused by changes in the Brazilian economy, higher cargo volumes shipped, keener competition for vehicles, transportation logistics problems, crises in several sectors of the Brazilian economy, uncertainties over investments in this sector and others.

Variable for distance travelled

The coefficient for the variable measuring the distance travelled in km indicates that when the distance travelled (km) increases 1%, the fertilizer transportation cost (BRL/t) increases by 0.55%, assuming that all the other variables remain constant. A large number of studies addressing the freight cost structure find that the transported distance is the main factor for defining transportation costs, regardless of the type of transportation used (Correa & Caixeta Filho (2001); Martins (1998) and Oliveira (1996)). An elasticity of 0.51 was found for the fertilizer freight variable in relation to diesel prices, in a similar study for the period between 2010 and 2014 (Lima et al., 2016).

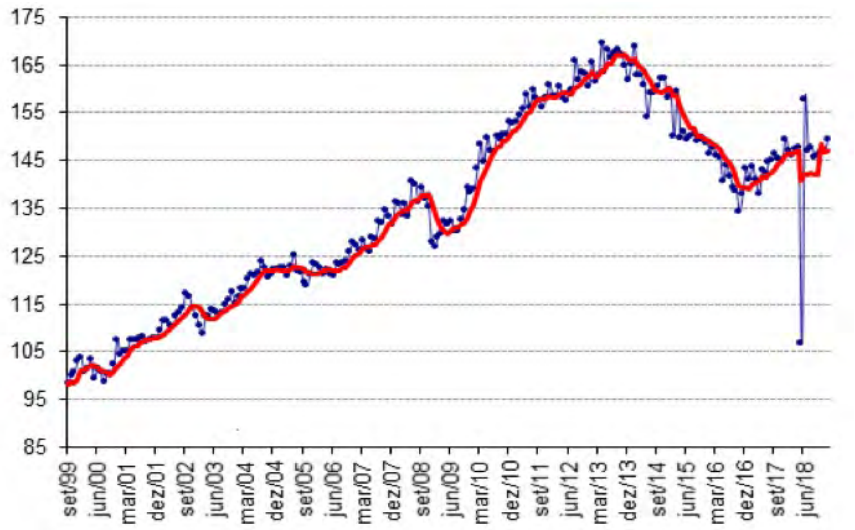
Variable for the macroeconomic context

The GDP variable was taken into consideration in the initial model estimate as a macroeconomic variable for the uptake of economic activity in freight rates. However, the variable did not present a significant coefficient and the model with this inclusion did not prove more robust. Moreover, for the two-year period analyzed (2017 and 2018), no significant alterations were expected, as variations in the GDP involves many sectors of the economy, and the consequences to be noted in the transportation sector, some other methodology would have to be sued (such as time series) or even a longer data period (recalling that, in economic terms, the agents behave differently over short and long periods. Consequently, a proxy for this variable that presented a more direct assessment of cargo movements and possible signs of economic growth was the ABCR Index.

An increase of 1% in the ABCR Index leads to a 0.434% increase in fertilizer freight rates, with the other variables remaining constant. As this index reflects vehicles travelling along tolled highways in Brazil, it may be considered that an increase in this movement would indicate an increase in the demand for haulage vehicles (as the economy heats up) and consequently, higher freight charges.

The progression data for the ABCR Index (2019), in Brazil, reflect an economic recovery in 2017 and 2018 (the same period as the data analyzed in the estimated model). In Figure 5, the progression of this index is clear and consequently this is a relatively positive signal for the industry during this period, with busier cargo vehicles.

Figure 5 – Heavy vehicle flows in Brazil



*red line: half-yearly moving mean; blue line: heavy vehicle flows

Source: ABCR (2019)

Variable for imported fertilizer volumes

An increase in 1% in the total volume of fertilizers imported by Brazil indicates an uptick of around 0.048% in freight prices, with the other variables remaining constant. It is stressed for the period during which fertilizer freights rose corresponds to the period in which movement increased, and did not consist of backhaul trips (September to February for the sample under analysis).

Variable for exported grain volumes (soybeans and maize)

A 1% increase in the total volume total de grains (soybeans and maize) exported by Brazil leads to a reduction of approximately 0.047% in fertilizer freight prices, with the other variables remaining constant. It is stressed that during the period when grain movement is high (March to August) fertilizer freight rates behaved like backhaul trips, thus dropping, and with no competition for transport vehicles.

5. CONCLUSIONS

Among the variables affecting fertilizer freight prices analyzed in the model, those that were most significant are related to differences among the corridors used transport fertilizers, through the ABCR Index. Also noteworthy is the impact generated through the introduction of Brazil´s National Road Haulage Threshold Price Policy (RESO).

The eight types of Corridors described here were defined on the basis of the Ports with the highest fertilizer import volumes for the routes during the period under analysis (2017-2018). In a correlated work, Lima et al. (2016) analyzed fertilizer freights between 2010 and 2014, observing routes running along five corridors during this period, based on Ports with high volumes shipped from Center-South Brazil. For the current analysis, three additional Corridors were added due to the greater importance of the ports in North and Northeast Brazil for importing fertilizers. This change was prompted by the expansion of Brazil´s agricultural frontiers into the cerrado savannahs and Northeastern drylands. The Corridors with the highest prices are Corridors B and D, up 21.48% and 18.08% respectively, compared to Corridor C, which is the control variable. Corridor B originates in the Port of Santos, leading to grain-growing regions all over Brazil, while Corridor D originates in the Port of Vitória and runs through Goiás, Minas Gerais and Rio de Janeiro States. The Corridors with lowest freight increases are Corridor C, used as the control variable, and Corridor E, with a 7.60% increase compared to Corridor C. Corridor C originates in the Port of Rio Grande, and runs to destinations all over Brazil, while Corridor E originates in the Port of São Francisco do Sul in Santa Catarina State, with destinations in Southeast, Center-West and Southern Brazil.

Looking at the ABCR Index, a 1% increase in this Index, as used in this paper as a parameter for the activities of the Brazilian economy during the period under analysis, indicates an increase of 0.434% in fertilizer freight rates, with the other variables remaining constant. However, should the economy heat up, this triggers in increase in fertilizer freight prices.

The RESO binary variable had a positive impact on fertilizer freight rates in the estimated model. Freight prices after the minimum freight table was established rose by around 13.84% between June and December 2018. This increase may be as significant, as it greatly exceeds inflation over the same period. However, this does not necessarily mean that the increase continued at this pace during subsequent periods. The increase reflects a shift in the freight price level and, should it be assumed prices were excessively low, as claimed by striking truckers in 2018, two scenarios may be glimpsed: the first, should a change in the freight price level reach a “reasonable” figure and generate fresh demands for adjustments at the minimum amounts established, due to regular restatement in January and July each year, as established by Law Nº 13,703/2018.

As a way of avoiding abrupt effects on freight prices, efforts are under way by the ANTT to establish new minimum thresholds that are better adapted to market realities and specific transportation markets (bulk, hazardous products, containers, etc.). Furthermore, higher fuel prices constitute an ongoing discussion between the Government and agents in this sector, seeking alternative ways of buffering the effects of steadily rising fuel prices on freight rates.

6. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Petróleo – ANP. (2019). Série histórica de preços de combustíveis. Recuperado em 02 de outubro de 2021, de https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/serie-historica-de-precos-de-combustiveis

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. (2018). Etapas de Implementação da Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas – PNPM-TRC. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de https://portal.antt.gov.br/etapas-de-implementacao-da-pnpm-trc

Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias – ABCR. (2019). Índice ABCR. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de https://abcr.org.br/indice/indice-abcr-do-mes

Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA. (2019). Principais Indicadores do setor de fertilizantes, 2018. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de http://anda.org.br/estatisticas/

Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística - NTC&LOGÍSTICA. (2019). Anuario-2014/2015. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de http://www.portalntc.org.br/

Alves, L.R.A. & Bacha, C.J.C. (2018). Panorama da agricultura brasileira: estrutura de mercado, comercialização, formação de preços, custos de produção e sistemas produtivos. Campinas, SP. Alinea. 318p.

Corrêa, G., Jr & Caixeta Filho, J.V. (2003). Principais determinantes do preço do frete rodoviário para o transporte de soja em grãos em diferentes estados brasileiros: uma análise econométrica. Economia Aplicada, 1(7), 189-211.

Fundação Getúlio Vargas – FGV. (2020). Índice IGP-DI. Recuperado em 06 de outubro de 2021, de http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx

Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial - ESALQ-LOG. (2020). Histórico, missão, visão e valores. Recuperado em 26 de outubro de 2021, de https://esalqlog.esalq.usp.br/sobre-o-esalq-log#

Gujarati, D. N. (2006). Econometria Básica. São Paulo, SP: Campus Elsevier.

Hoffmann, R. (2006). Estatística para Economistas. São Paulo, SP: Editora Thomson.

Judge, G. G.; Hill, R.C.; Griffiths, W.E.; Lutkepohl, H. & Lee, T.C. (1988). Introduction to the Theory and Practice of Econometrics. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Lima, L.M.; Elias, L. P.; Caixeta Filho, J. V.& Campos, J.C. (2016). Fertilizer freight rate disparity in Brazil: a regional approach. The International Food and Agribusiness Management Review (Online), 19, 109-128.

Martins, R. S. (1998). Racionalização da infra-estrutura de transporte no estado do Paraná: o desenvolvimento e a contribuição das ferrovias para a movimentação de grãos e farelo de soja. (Tese de doutorado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, Brasil.

Michelon, E.R.S. (2007). A utilização de carga de retorno no transporte de soja: características, dificuldades e vantagens. Recuperadoem 02 de novembro de 2021, de https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2015/05/retorno-no-transporte-de-soja.pdf

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – COMEX STAT (2019). Exportação e Importação geral. Base de dados 2017-2018. Recuperado em 04 de novembro de 2021, de http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home

Ogino, C. M., Costa Junior, G., Popova, N. D., & Martines Filho, J. G. (2021). Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. Revista de Economia e Sociologia Rural, 59(1), e220367. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220367

Oliveira, J. C.V. (1996). Análise do transporte de soja, milho e farelo de soja na hidrovia Tietê- Paraná. (Dissertação de Mestrado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, Brasil.

Oliveira, C. F.; Rosa, M.J. & Caixeta Filho, J.V. (2010). Estimativa da oferta de fertilizantes como carga de retorno no ambiente portuário brasileiro entre 2005 e 2009. Informações Econômicas, 40(9): 1-9.

Oliveira, M. T. (2014). Distância psíquica e seus efeitos sobre o fluxo de exportações dos estados brasileiros. (Tese de doutorado), Universidade de Coimbra (UC), Coimbra, Portugal.

Pimentel-Gomes, F. (1987). A estatística moderna na pesquisa agropecuária. 3ª edição, Piracicaba, SP: Potafos. 162p. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de https://www.revistadeagricultura.org.br/index.php/revistadeagricultura/article/view/689/pdf_335

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Salvador, E.L.; Martins, R.S. & Lobo, D.S. (2004). Quanto custa levar a soja ao Porto. Agroanalysis (FGV) , Rio de Janeiro, 24(3), 15-18.

Schroeder, E.M.; Castro, J.C. (1996) Transporte rodoviário de carga no Brasil: situação atual e perspectivas. Produção BNDES - Artigos. Recuperado em 05 de novembro de 2021, de https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11234

Steadieseifi, M.; Dellaert, N. P.; Nuijten, W.; Woensel, T. Van. & Raoufi, R. (2014). Multimodal freight transportation planning: a literature review. European Journal of Operational Research, 233, 1-15.

Wooldridge, J.M. (2010). Introdução à econometria: uma abordagem moderna. 4 ed. São Paulo, SP: Cengage Learning. 701 p.