

Análise da inclusão da Eficiência Portuária na alocação da safra de grãos do estado do Mato Grosso

Vitor Pavão Sinotti

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o impacto da inclusão da eficiência portuária dentro da dinâmica de alocação da safra de milho e soja do estado do Mato Grosso, entre os portos brasileiros. A tomada de decisão dos agentes normalmente leva em consideração somente a distância da região produtora até os portos de destino, ainda que a diferença de eficiência tenha grande influência sobre o custo logístico como um todo.

Palavras chave: Logística. Eficiência Portuária. Logística Agroindustrial.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se tornou nas últimas décadas um dos mais importantes produtores de commodities agrícolas do mundo, devido tanto a fatores climáticos, quanto a avanços significativos em produtividade. Dentro disso, o estado do Mato Grosso destaca-se como o maior produtor de soja e milho do país, fornecendo grãos para o mercado interno e para exportação, sendo os municípios mais importante do ponto de vista produtivo, Querência, Tangará da Serra, Chapada dos Guimarães e Primavera do Leste.

Apesar dos avanços, o setor ainda encontra dificuldade em várias áreas, principalmente no que diz respeito à logística e infraestrutura. Capacidade insuficiente de armazenamento, estradas não pavimentadas, pontes precárias, congestionamento e falta de veículo durante a safra são problemas constantes, que apesar dos esforços recentes ainda demandam grandes esforços do setor público e privado para saná-los. De forma que o custo logístico tem grande influência no preço final das commodities agrícolas, e assim na sua competitividade.

Dentro disso, nas rotas para exportação de grãos usualmente considera-se o preço do frete região produtora até o porto de destino, sendo o objetivo deste trabalho incluir na análise o grau de eficiência dos portos no processo decisório dos agentes. De forma que seja possível analisar o impacto da inclusão da eficiência portuária na alocação da safra de soja e milho para exportação do estado do Mato Grosso entre os portos brasileiros.

Os portos possuem diferentes níveis de eficiência dependendo da sua infraestrutura e do seu nível de utilização. Colocando-se como mais importante para o escoamento dos grãos do estado do Mato Grosso o porto de Santos e Paranaguá, além dos portos do Arco Norte, Itacoatiara, Barcarena e São Luís.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Contextualização do Agronegócio Brasileiro

O conjunto de atividades vinculadas à agropecuária, segregados em segmentos de fornecimento de insumos, agropecuária, processos de transformação da agroindústria e operações de armazenagem, transporte e distribuição, são englobados no termo *agribusiness*, traduzindo-se agronegócio (BACHA, 2004). O setor, além de fornecedor de emprego e renda, contribui para a estabilidade econômica do país, considerando-se o agronegócio brasileiro como a propulsão necessária para a recuperação do PIB brasileiro depois de sua queda em 1952, o que resultou no Brasil como referência mundial na produtividade de alimentos (PIVETA et al., 2018, p. 76).

A expansão do segmento do agronegócio atingiu tamanha relevância que, atualmente, confere-se essencialidade ao mesmo no desenvolvimento do país. Dessa forma, o Governo Federal usa de instrumentos de intervenção na comercialização dos produtos provenientes da agroindústria para o apoio à produção, como o Plano Safra que oferece um conjunto de políticas públicas que abrangem os serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural, crédito, seguro da produção, garantia de preços, comercialização e organização econômica das famílias residentes no campo. Outro ponto importante do plano é o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), que se destina a pequena agricultura familiar e de subsistência. Tal incentivo, somado a outros fatores, permitiu o crescimento célere da produtividade de firmas com maior capacidade de investimento, como a Bunge, Odebrecht e Cargill (SOARES; JACOMETTI, 2016, p. 92).

Ademais, o agronegócio representa mais de 40% do volume das comercializações totais brasileiras, correspondendo ao setor que mais exporta no país, primordialmente à China, Europa e Estados Unidos (Ministério da Economia, 2014). Esse volume exportado possui crescimento contínuo no Brasil; durante os cinco anos compreendidos entre 2010 e 2015, o PIB do agronegócio cresceu à taxa anual de 0,7% em volume, e empregou 21% da população ocupada em 2015, respondendo por 46% das exportações de mercadorias naquele ano conforme apontam Barros e Castro (2017).

Figura1 - Saldo da Balança Comercial 2017

Fonte: Elaboração dos autores.

Pode-se observar na Figura 1, segundo dados do Ministério da Economia (2017), o importante superávit na balança comercial brasileira no ano de 2017, resultado do bom desempenho na exportação de commodities, principalmente as agrícolas. Atualmente, considera-se a soja o principal produto de exportação do Brasil, e Marques, Mello e Martines Filho (2006) agregam em conjunto à soja, o milho e café (grãos) como um dos três setores mais importantes no contexto do agronegócio brasileiro, além das carnes (boi) e o setor sucroalcooleiro.

A soja, consumida mundialmente, é uma das culturas mais rentáveis e o grão mais importante para a alimentação humana e animal. Nesse contexto, o Brasil é ultrapassado apenas pelos Estados Unidos na produção da cultura, tratando-se a mesma de 14% de suas exportações, com 117 milhões de toneladas produzidas na safra de 2018 (FIESP, 2018). A área cultivada com soja foi de 33,1 milhões de hectares e a área com grãos foi de 58,4 milhões de hectares, representando assim mais de 50% da área total (PIVETA et al., 2018, p. 76).

O país se torna então proprietário de influência no mercado global de commodities. Tal influência decorre da força do setor primário da soja e de sua cadeia produtiva, configurando-se em grande vantagem econômica e competitiva dado o extenso território e clima favorável brasileiro (SANTOS; BLOIS, 2019, p. 93).

A partir da expansão da sojicultura no Brasil, o estado do Mato Grosso pôde vivenciar suas influências em inúmeras regiões, posto que, cidades como: Lucas do Rio Verde, Rondonópolis, Nova Mutum, Tangará da Serra, Sorriso, Primavera do Leste, Campo Verde, Sapezal, Campo Novo, entre outras, tiveram como precursoras de seu desenvolvimento a

cadeia envolvida pelo plantio da soja. Por essa razão, das dez cidades com o maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do estado, nove possuem a sojicultura como sua base econômica (APROSOJA, 2019).

Mediante a esse cenário, ainda sim, o estado do Mato Grosso se apresenta como o maior produtor de soja do país. Esse fato, portanto, está intimamente relacionado à mudança na gestão das políticas tributárias do Brasil. A Lei Kandir, por exemplo, a qual isenta o pagamento de Imposto sobre Circulação e Serviços (ICMS) para a exportação de produtos primários, semielaborados ou serviços – representa, em grande medida, essa alteração de perspectiva (FAGUNDES; DIAS; PEREIRA, 2014).

Com isso, criou-se um alvoroço diante da possibilidade de se investir na produção de grãos na região Centro-Oeste que, em contrapartida, proporcionou um desestímulo aos outros setores (PINAZZA, 2007). Essa circunstância permitiu com que a soja fosse um produto muito requisitado, tanto no mercado interno, quanto no mercado externo – para ração animal, culinária, indústrias alimentícias e afins (PINAZZA, 2007). Por conseguinte, o Mato Grosso pôde ganhar notoriedade no que diz respeito a produção de grãos, tanto nacional, como internacionalmente.

Contudo, pelo fato de o Brasil apresentar uma estrutura logística deficitária, o escoamento desse tipo de grão, tanto para o mercado interno, quanto para o mercado externo, se torna dificultoso devido à uma série de problemas relacionados ao estado de conservação de rodovias, ferrovias e hidrovias espalhadas por todo território brasileiro. Somado a isso, tem-se a questão da estrutura de armazenamento das propriedades rurais, a qual, de modo geral, pressiona a vazão da oleaginosa.

No contexto mundial, é sabido que a porcentagem que os custos logísticos geram em cima dos produtos correspondem a cerca de 10 a 15% de seu valor - dependendo da mercadoria e da época na qual está se realizando a comercialização. Para a soja, no Brasil, contudo, esse cenário é um pouco diferente, visto que, essa margem acrescida ao preço do produto pode chegar a 30% (CAIXETA FILHO, 1996).

Como supracitado, a ineficiência logística interna ao país afeta o preço de venda de seu produto, além da grave quantidade de perdas no agronegócio brasileiro em razão da má conservação das rodovias, em virtude da utilização quase total do modal rodoviário para movimentação das safras, ressaltando-se o aumento de 77% do custo médio do transporte de 1 tonelada de soja por 100 milhas de caminhão dentro do Brasil (Salin, 2018). A precariedade de armazenagem e transporte sozinhas moldam o maior obstáculo em relação ao crescimento

do agronegócio do país, diminuindo sua vantagem competitiva à nível global (LOPES et al, 2017).

A perda de competitividade pelo grão ao deixar a área rural independe de custos baixos de produção, a medida que seus custos logísticos são altos até a chegada a seu destino. Dessa forma, o líder de exportação de soja, Estados Unidos, investe em maior eficiência logística, diminuindo significativamente custos e o tempo de viagem da cadeia, em que barcaças, trens e caminhões competem e se complementam na movimentação de grãos interna, promovendo maior eficiência (FRITTELLI, 2005).

Nesse contexto, a maior utilização do modal hidroviário em relação à precariedade do rodoviário se faz necessária para a evolução das exportações do Brasil, onde as áreas de produção, principalmente de soja (Mato Grosso), encontram-se distantes dos portos, fazendo com que a infraestrutura de transporte e portuária sejam fatores de competitividade centrais (LIMA et al, 2018)

1.2 Infraestrutura Logística Agroindustrial

Como supracitado, a ineficiência logística interna ao país afeta o preço de venda de seu produto, além da grave quantidade de perdas no agronegócio brasileiro em razão da má conservação das rodovias, em virtude da utilização quase total do modal rodoviário para movimentação das safras, ressaltando-se o aumento de 77% do custo médio do transporte de 1 tonelada de soja por 100 milhas de caminhão dentro do Brasil (Salin, 2018). A precariedade de armazenagem e transporte sozinhas moldam o maior obstáculo em relação ao crescimento do agronegócio do país, diminuindo sua vantagem competitiva à nível global (LOPES et al, 2017).

A perda de competitividade pelo grão ao deixar a área rural independe de custos baixos de produção, a medida que seus custos logísticos são altos até a chegada a seu destino. Dessa forma, o líder de exportação de soja, Estados Unidos, investe em maior eficiência logística, diminuindo significativamente custos e o tempo de viagem da cadeia, em que barcaças, trens e caminhões competem e se complementam na movimentação de grãos interna, promovendo maior eficiência (FRITTELLI, 2005).

Nesse contexto, a maior utilização do modal hidroviário em relação à precariedade do rodoviário se faz necessária para a evolução das exportações do Brasil, onde as áreas de produção, principalmente de soja (Mato Grosso), encontram-se distantes dos portos, fazendo

com que a infraestrutura de transporte e portuária sejam fatores de competitividade centrais (LIMA et al, 2018)

Segundo Caixeta-Filho (2010), o objetivo principal da logística agroindustrial é melhorar a eficiência da movimentação de cargas agrícolas no espaço, através de veículos adequados, e no tempo, através do armazenamento, para obter o menor custo possível. Dentro disso, a logística abrange toda a cadeia de transporte das empresas, desde o planejamento e execução do fornecimento de matéria-prima, até o transporte dos produtos acabados e semiacabados para outros elos da cadeia produtiva, ou consumidores finais. Realizando esses processos no menor tempo possível e pelo menor custo.

No que se diz respeito aos produtos agrícolas, a logística, de forma mais específica, o transporte, coloca-se como um dos pontos mais importantes dentro do seu processo produtivo, uma vez que tem grande influência no preço final dos produtos agrícolas, principalmente pelos graves problemas estruturais brasileiros. Por serem produtos de baixo valor agregado o impacto da logística no seu custo acaba sendo maior quando comparado com outros produtos que passaram por algum grau de transformação, como acontece nos caso da soja.(BOZOKY et al, 2017)

Além disso, a atividade é indispensável para o funcionamento da cadeia, uma vez que transporta os insumos necessários à produção: corretivos, fertilizantes, defensivos agrícolas; e os produtos acabados para exportação e ao mercado interno. Tratando-se de produtos perecíveis e de caráter sazonal, os desafios são ainda maiores dentro da logística agroindustrial (CAIXETA, 2010).

Nesse cenário, existem cinco modais básicos de transporte de cargas: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Cada um deles pode ser melhor empregado em relação à situação específica, a partir de suas vantagens. Segundo Ballou (2010), no que diz respeito a consistência, o modal rodoviário é o mais vantajoso, por ser menos suscetível a interrupções; enquanto quanto à capacidade, o aquaviário se destaca pelo grande volume e variedade de produtos capaz de transportar. Ademais, em respeito à disponibilidade, o rodoviário é o melhor por pelo seu dinamismo, apesar de apresentar custos variáveis maiores em relação ao ferroviário, que apesar dos custos fixos altos pode representar um melhor investimento no longo prazo segundo (ELLER et al, 2011)

Em função dessas diferenças, o melhor desempenho da logística agroindustrial brasileira está diretamente relacionado às operações intermodais, explorando as melhores características dos modais de transporte, em conjunto. Exigindo, então, terminais eficientes,

nos quais a descarga e o carregamento para a troca de modais possam acontecer da forma mais veloz e favorável possível (CAIXETA-FILHO, 1996).

Segundo (BATALHA, 2010), os principais modais de transporte e os respectivos produtos que eles transportam são: o modal Ferroviário, que se destina principalmente para as commodities agrícolas, minerais e outros produtos de baixo valor agregado, o hidroviário que também movimentam commodities, e uma grande variedade de cargas de longa distância, muitas vezes associado à exportação. Além desses dois, ainda existe o modal rodoviário, usado para o transporte de cargas agrícolas perecíveis, produtos refrigerados, produtos de alto valor agregado e carga fracionada; o aeroviário para o transporte de produtos urgentes e perecíveis. E por último, o modal dutoviário para o transporte de petróleo, gás natural, combustíveis em geral, água e minério.

No caso da soja brasileira, produzida na região Centro Oeste, a intermodalidade seria a melhor alternativa, em vista a se alcançar um sistema logístico mais eficiente, na medida em que as distâncias para os portos, fazendas e armazéns da região Centro Sul são muito grandes, e há também a possibilidade de utilizar hidrovias, principalmente nas rotas do arco norte que têm sido cada vez mais utilizadas nos últimos anos.

Nesse sentido, o modal rodoviário ainda exerceria um papel importante nas distâncias de até 300 km (HIJJAR, 2004), transportando os produtos agrícolas das fazendas até os terminais de transbordo que fariam a transação para os outros modais, e depois, faria o transporte até os portos e outros pontos do mercado interno se necessário.

A realidade, no entanto, é de que a estrutura ferroviária brasileira ainda é muito defasada e as possibilidades de transporte hidroviárias também são subaproveitadas. De forma que, somado às dificuldades nos terminais de transbordo, o modal rodoviário ainda seja usado predominantemente para escoar a soja brasileira, apesar de sua ineficiência em longas distâncias, representando 67% da utilização de todos os modais, enquanto o hidroviário responde por apenas 5% e o ferroviário, por 28% (TAVARES, 2004).

Segundo Hijjar (2004):

Um caminhão carrega cerca de 150 vezes menos soja do que uma composição ferroviária e cerca de 600 vezes menos do que um comboio de barcas numa hidrovia como a do Rio Madeira. E além dessa menor produtividade para longas distâncias e grandes volumes, o transporte rodoviário é mais poluente, gasta mais combustível e registra índices de acidentes muito mais elevados (HIJJAR, 2004, p. 5).

Nesse sentido, são vários os desafios para o transporte rodoviário na região, principalmente em razão das estradas, que majoritariamente não possuem pavimentação, ou encontram-se em estado de precariedade, além de chuvas, filas nos portos e terminais de descarga durante o período de safra e conseqüentemente a intensificação no fluxo de movimentações. De acordo com dados da CNT (2016), os 1,7 milhões de quilômetros de rodovias nacionais são dispostos da seguinte maneira: 12,24% pavimentados, 78,6% não-pavimentados e 9,16% planejados (rodovias em projeto de construção).

Além da própria dificuldade da oferta de caminhões a atender de maneira satisfatória a grande demanda por transporte no período da safra, sem refletir em preços muito altos nos valores dos fretes, e assim na lucratividade dos produtores, e competição da soja brasileira no mercado internacional.

As principais rodovias que ligam as regiões produtoras de soja do Centro Oeste ao restante do Brasil, em especial ao centro sul, são: BR-163 que liga regiões do Mato Grosso ao porto de Paranaguá (PR), e a BR – 364 que interliga Mato Grosso e Mato Grosso do Sul a Rondônia e também ao Porto de Santos SP (OLIVEIRA, 2006). Na região Nordeste, a produção pode ser escoada pela BR-135 até o porto Marítimo de Itaquí-MA.

No que se refere às ferrovias, segundo (ASSIS et al, 2017) o sistema ferroviário representa 14,9% da matriz de transportes brasileira, com a nona rede mais extensa do mundo, com 29.817 km. Além disso, o sistema configura-se no formato de corredores de exportação de commodities minerais e agrícolas (81% e 14% da produção, respectivamente), com baixa conectividade e integração entre as malhas e baixa inserção no transporte de carga geral (4%).

Em relação às hidrovias, as principais são a Hidrovia do rio Madeira que interliga a região Centro Oeste, por meio do terminal hidroviário de Porto Velho (RO) até o terminal de Santarém (PA), de onde pode ser exportado. Além de Tietê-Paraná, onde a soja do terminal hidroviário de Pederneiras segue por ferrovia até o porto de Santos.

Em suma, considerando-se o contexto supracitado, pode-se observar a possibilidade de predeterminação de algumas rotas para a circulação da mercadoria, em que Coughlan et al. (2002) afirmam que a logística envolve o processamento e o rastreamento de bens durante o armazenamento, controle de estoque, transporte, documentação alfandegária e entrega para os clientes. Dessa forma, considera-se nesse planejamento o transporte como componente fundamental, sendo responsável pela maior porcentagem do custo total da logística, impactando diretamente na competitividade do produto frente ao mercado (ROSEMBLOOM, 2002). Dentre os custos de transporte, está o frete.

1.3 Precificação de Fretes agroindustriais

O mercado de frete dos produtos agrícolas é um dos poucos mercados que opera de acordo com os princípios de um mercado de concorrência perfeita, no qual o preço do frete é resultado da relação entre a demanda e oferta de transportes. Dessa forma, os agentes desse mercado se tratam de tomadores de preço, uma vez que não conseguem influenciar sozinhos o funcionamento do mercado, de forma que sua participação ou não é indiferente para determinação do preço de equilíbrio.

São fatores que influenciam a formação de preço dos fretes, segundo (PÉRA et al., 2018), a distância percorrida, de forma que com o aumento da distância há o aumento dos custos variáveis associados ao frete, tal qual combustível, depreciação dos pneus e outras partes do caminhão, a especificidade da carga de forma que certos caminhões podem transportar mais de um tipo de produto a partir de algumas modificações, enquanto outros não tem essa versatilidade.

Além disso, sazonalidade de demanda e oferta, que tem como consequência o aumento dos preços no período de safra, quando normalmente a demanda por transporte é maior do que a oferta, e a consequente competição por veículos entre regiões e culturas que coincidem seu período de colheita. Nesse sentido, a capacidade de armazenamento das regiões também influencia a dinâmica de demanda de transporte, uma vez que é possível estocar os produtos para comercializá-los em uma hora mais oportuna, seja na questão logística e ou de seu próprio preço.

As peculiaridades regionais também são outro fator de influência do preço do frete, principalmente no que diz respeito a qualidade das estradas, eficiência dos terminais logísticos, quantidade de pedágios e a segurança do caminhoneiro e da carga como um todo. Soma-se a isso a possibilidade de frete de retorno, que pode diminuir os custos no caminho de volta, e o prazo de entrega das mercadorias, o qual aumentará os custos à medida que for mais urgente.

1.4 Custos Portuários associados à logística agroindustrial

Segundo (KUSSANO e BATALHA, 2012), os custos logísticos podem ser divididos em: custos de transporte, principalmente frete, perda de mercadoria, remuneração por estada e estoque em trânsito; os custos de armazenagem, as taxas de armazenagem. Além dos custos

de estoque, que diz respeito aos custos de estoques em armazéns; os custos de transbordo, tratando-se tanto da taxa de transbordo, quanto da perda de mercadorias.

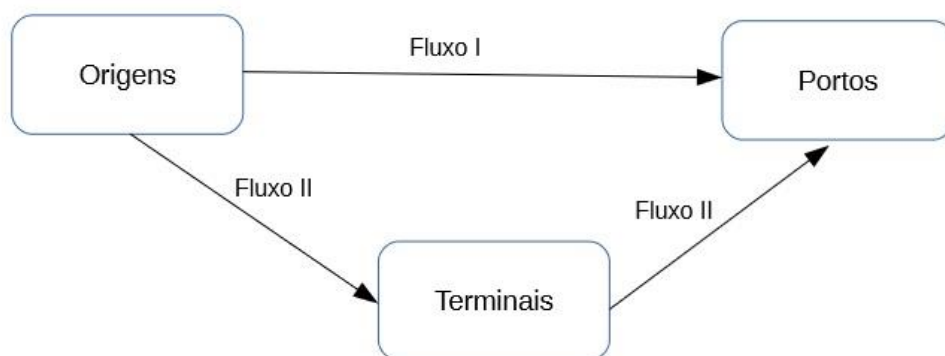
E por último, os custos portuários ligados as taxas portuárias e custos tributários, principalmente ICMS. Dentro disso, é possível dividir essas taxas portuárias em Taxas sobre utilização da infraestrutura portuária, utilização de infraestrutura terrestre, taxas de transbordo e taxa de armazenagem. Sendo parte importante da cadeia logística de exportação, os custos portuários representam papel importante dentro da composição do custo logístico total.

2 METODOLOGIA

No presente estudo, buscou-se solucionar um problema de decisão denominado problema de transporte, considerando-se o diferencial das eficiências portuárias dos destinos destacados. O problema de transporte representa a situação de decisão entre as quantidades de excedente exportável, proveniente das origens de produção, que devem ser transportadas aos destinos portuários, através de fluxo direto rodoviário ou de fluxo envolvendo operação multimodal, de modo a se incorrer no mínimo custo total de transporte (FERRETI, 1976).

O problema de decisão em questão pode ser visualizado no diagrama abaixo:

Figura 2 – Problema de decisão de transporte.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Como parâmetros do problema supracitado, foram consideradas como origens centróides do estado do Mato Grosso, definido pela Embrapa como o maior produtor de soja dos estados brasileiros, a partir de dados da CONAB.¹ As cidades foram elencadas de acordo com a participação na produção total da região, como demonstra a tabela 1.

¹ Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 14 de Junho de 2020.

Tabela 1 – Produção de cidades no Mato Grosso.

Centróides	Milho	%	Soja	%
Sorriso (MT)	18.551.024,00	71%	20.041.793,00	63%
Querência (MT)	3.435.340,00	13%	5.961.441,00	19%
Tangará da Serra (MT)	438.339,00	2%	609.533,00	2%
Chapada dos Guimarães (MT)	381.904,00	1%	540.333,00	2%
Primavera do Leste (MT)	3.365.933,00	13%	4.455.462,00	14%

Fonte: IBGE (2020).

De acordo com a participação das centróides na produção de soja e milho, foi possível definir as quantidades de excedente exportável, ou seja, aquilo que não será consumido pelo mercado interno, mas comercializado ao mercado internacional através dos portos. Esse excedente é o parâmetro a ser utilizado como quantidade a ser transportada em cada origem, na decisão do problema de transportes, e foi calculado através do produto entre a participação de cada centróide na produção do produto e o total de produto exportado a partir do Mato Grosso.

O total exportado dos produtos pelo Brasil, mensalmente, pode ser visualizado na tabela a seguir:

Tabela 2 – Quantidade exportada mensalmente de milho e soja pelo Mato Grosso.

Mês	Milho (t)	Soja (t)
1	2.577.825,37	176.819,83
2	865.442,74	1.244.836,24
3	179.902,10	3.408.929,90
4	112.648,43	3.013.573,93
5	55.214,14	3.477.395,68
6	56.064,17	2.823.315,62
7	1.085.227,30	2.800.772,94
8	2.393.727,78	1.227.286,59
9	2.497.808,98	466.543,49
10	2.193.395,63	510.365,66
11	2.796.416,77	363.216,44
12	2.884.312,75	441.149,29

Fonte: SECEX (2020).

Além da quantidade especificada, foram elencados os destinos envolvidos no problema de transporte a ser minimizado pelo modelo. Os portos considerados foram os que receberam cargas do Mato Grosso, a partir de dados da SECEX², elencados abaixo.

Tabela 3 – Portos considerados como destinos.

Barcarena (PA)
Paranaguá (PR)
Rio Grande (RS)
Santos (SP)
São Francisco do Sul (SC)
São Luís (MA)

Fonte: SECEX (2020).

No caso das rotas, estas são divididas, de acordo com o teor da decisão, em dois fluxos. No fluxo I, o modal rodoviário conecta as origens consideradas (centróides) até os portos elencados acima. Já no fluxo II, as cargas são transportadas através de operações multimodais, estas rotas são compiladas na tabela 4, que contempla também a capacidade de movimentação de cada rota multimodal.

Tabela 4 – Rotas multimodais e capacidades de movimentação.

Solução	Entrada	Saída	Distância (km)	Capacidade mensal (t)
Ferrovíaria	Alto Araguaia (MT)	Santos (SP)	1.411,60	23.689,00
Ferrovíaria	Araguari (MG)	Santos (SP)	923,76	27.871,60
Ferrovíaria	Araguari (MG)	Vitória (ES)	1.406,96	286.826,10
Ferrovíaria	Itiquira (MT)	Santos (SP)	1.526,20	41.509,30
Ferrovíaria	Palmeirante (TO)	São Luís (MA)	976,70	243.500,40
Ferrovíaria	Pirapora (MG)	Vitória (ES)	1.053,62	70.889,80
Ferrovíaria	Porto Nacional (TO)	São Luís (MA)	1.248,20	129.387,50
Ferrovíaria	Rondonópolis (MT)	Santos (SP)	1.646,99	532.866,20
Ferrovíaria	Uberaba (MG)	Santos (SP)	1.472,61	308.523,70
Hidroviária	Porto Velho (RO)	Itacoatiara (AM)	1.155,00	614.710,75
Hidroviária	Itaituba (PA)	Barcarena (PA)	1.236,00	469.000,00

Fonte: ANTT para as rotas ferroviárias e ANTAQ para as rotas hidroviárias.

Por fim, na decisão do problema de transportes, foi inserido como parâmetro a eficiência portuária de cada destino em questão. Os valores, apresentados em reais por

² Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 14 de Junho de 2020.

tonelada (R\$/t) e calculados através do produto entre o tempo de espera (em dias) de cada porto e o custo considerado de R\$ 10/t ao dia, têm influência direta no custo total de transporte para cada destino, e podem ser observados na tabela 5, abaixo, distribuídos pelos meses.

Tabela 5 – Eficiências portuárias, em R\$/t.

Portos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Santos (SP)	40	30	30	40	40	40	40	30	30	50	30	30
São Luís (MA)	30	30	30	30	30	30	30	20	30	20	30	30
São Francisco do Sul (SC)	40	40	40	40	40	40	30	30	40	50	40	40
Paranaguá (PR)	20	40	20	20	20	20	30	30	30	20	20	30
Barcarena (PA)	10	10	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20
Vitória (ES)	20	30	30	30	30	20	20	20	20	40	30	30
Itacoatiara (AM)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	30	20	20
Rio Grande (RS)	20	10	30	40	40	50	30	40	40	40	40	50

Fonte: ANTAQ (2020).

2.1 Definição do Modelo Matemático

2.1.1 Função objetivo e variáveis de decisão

O modelo matemático utilizado no trabalho teve como objetivo minimizar o custo do transporte da soja e do milho, partindo das cinco mesorregiões do estado de Mato Grosso, de acordo com os custos portuários e eficiência dos seis portos considerados como destinos. Dessa forma, a função objetivo de minimização é representada por:

$$MIN Z = \left(\sum_{D=1}^6 FRD_{ODPM} \times CRD_{ODM} \right) + \left(\sum_{O=1}^5 \sum_{P=1}^2 FMM_{OTPM} \times CMM_{OTM} \right)$$

O modelo buscou determinar a quantidade movimentada dos produtos em questão, partindo de cada região de origem para cada porto de destino, e a quantidade a ser movimentada do produto, partindo de cada origem, para o terminal de transbordo e o porto de destino, de modo a minimizar o custo do transporte. Desse modo, os outputs se tratam das seguintes variáveis:

- FRD_{ODPM} - Quantidade movimentada do produto P da origem O, para o destino D, no mês M pelo modal rodoviário;

- FMM_{OTPM} - Quantidade movimentada do produto P da origem O, para o terminal de transbordo T e destino D, no mês M pelos modais ferroviário e hidroviário;

Em que:

- 1) O representa as principais origens da produção de milho e soja no Mato Grosso, sendo estas as cidades de Sorriso (1), Querência (2), Tangará da Serra(3), Chapada dos Guimarães (4) e Primavera do Leste (5), para todo $O \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$;
- 2) D representa os portos de Barcarena (PA) (1), Paranaguá (PR) (2), Rio Grande(RS) (3), Santos (SP) (4), São Francisco do Sul (SC) (5) e São Luís (MA) (6), para todo $D \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$;
- 3) P representa o milho (1) e a soja (2), para todo $P \in \{1, 2\}$;
- 4) M representa os meses do ano, partindo de janeiro (1) a dezembro (12), para todo $M \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 12\}$;
- 5) T representa os trechos entre terminais de transbordo multimodal de Alto Araguaia (MT) - Santos (SP) (1), Araguari (MG) - Santos (SP) (2), Araguari (MG) - Vitória (ES) (3), Itiquira (MT) - Santos (SP) (4), Palmeirante (TO) - São Luís (MA) (5), Pirapora (MG) - Vitória (ES) (6), Porto Nacional (TO) - São Luís (MA) (7), Rondonópolis (MT) - Santos (SP) (8), Uberaba (MG) - Santos (SP) (9), Porto Velho (RO) - Itacoatiara (AM) (10) e Itaituba (PA) - Barcarena (PA) (11), para todo $T \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 11\}$.

2.1.2 Parâmetros

Os parâmetros utilizados no modelo englobam tanto as características gerais de mercado dos produtos, como a oferta disponível destes em cada mês, quanto as capacidades específicas dos terminais de transbordos considerados e os custos totais das operações de escoamento diretas e multimodais aos destinos analisados. Abaixo, verifica-se a distinção de todos os parâmetros adotados no presente modelo:

- 6) OFE_{OPM} – Oferta do produto (P) na origem (O) em cada mês (M);

Em que:

$O \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$;

$P \in \{1, 2\}$;

$M \in \{1, 2, 3, \dots, 12\}$.

- 7) CPT_T – Capacidade de escoamento do terminal de transbordo (T);

Em que:

$$T \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 11\}.$$

8) CRD_{ODM} – Custo total da operação de escoamento da origem (O) para o destino (D) no mês (M);

Em que:

$$O \in \{1, 2, 3, 4, 5\};$$

$$D \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\};$$

$$M \in \{1, 2, 3, \dots, 12\}.$$

9) CMM_{OTM} – Custo total da operação de transporte multimodal, da origem (O) para o terminal de transbordo (T) no mês (M).

Em que:

$$O \in \{1, 2, 3, 4, 5\};$$

$$T \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 11\};$$

$$M \in \{1, 2, 3, \dots, 12\}.$$

2.1.3 Restrições

O modelo apresentou apenas duas restrições, estas se referindo à oferta de produto disponível a ser transportada, e as capacidades dos terminais de transbordo que limitam o volume movimentado por operação intermodal.

2.1.3.1 Restrição de oferta do produto

A restrição de oferta limita o modelo a contabilizar apenas a quantidade de produto disponível a ser movimentado aos portos e terminais, considerando o excedente exportável de soja e de milho. Assim, a equação referente à restrição de oferta está disposta abaixo:

$$\sum_{D=1}^6 FRD_{ODPM} + \sum_{T=1}^{11} FMM_{OTPM} = OFE_{OPM}$$

Em que:

$$P \in \{1, 2\};$$

$$M \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 12\};$$

$$O \in \{1, 2, 3, 4, 5\};$$

$$D \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\};$$

$$T \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 11\}.$$

2.1.3.2 Restrição de capacidade do terminal de transbordo

A restrição de capacidade do terminal de transbordo certifica que o volume movimentado de maneira intermodal não ultrapasse a capacidade dos terminais considerados no modelo. A restrição é representada por meio de uma inequação, em que a quantidade movimentada deve ser menor ou igual à capacidade do terminal considerado, assim, a solução ótima distingue se a utilização de operações intermodais são favoráveis ao ponto do uso da restrição em sua totalidade, ou não.

$$\sum_{O=1}^5 \sum_{P=1}^2 FMM_{OTPM} \leq CPT_T$$

Em que:

$$P \in \{1, 2\};$$

$$M \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 12\};$$

$$O \in \{1, 2, 3, 4, 5\};$$

$$T \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 11\}.$$

2.1.3.3 Custo do transporte rodoviário direto (TRD)

O custo do transporte rodoviário direto faz parte da função objetivo do modelo, ele é calculado através do produto entre a soma das quantidades movimentadas dos produtos a partir das origens, até o seu destino, e o custo total da operação de transporte entre esses pontos.

$$TRD = \sum_{D=1}^6 FRD_{ODPM} \times CRD_{ODM}$$

Em que:

FRD_{ODPM} - Quantidade movimentada do produto P da origem O, para o destino D, no mês M;
 CRD_{ODM} - Custo total da operação de escoamento da origem (O) para o destino (D) no mês (M), sendo:

$$O \in \{1, 2, 3, 4, 5\};$$

$$D \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\};$$

$$P \in \{1, 2\};$$

$$M \in \{1, 2, 3, \dots, 12\}.$$

2.1.3.4 Custo da operação multimodal

O custo da operação multimodal de transporte é a segunda parcela da função objetivo do modelo, ele é calculado através do produto entre a soma das quantidades movimentadas dos produtos a partir das origens, até o terminal de transbordo e posteriormente, ao seu destino portuário, e o custo total da operação de transporte multimodal entre esses pontos.

$$TMT = \sum_{O=1}^5 \sum_{P=1}^2 FMM_{OTPM} \times CMM_{OTM}$$

Em que:

FMM_{OTPM} - Quantidade movimentada do produto P da origem O, para o terminal de transbordo T e destino D, no mês M;

CMM_{OTM} - Custo total da operação de transporte multimodal, da origem (O) para o terminal de transbordo (T) no mês (M), sendo:

$$O \in \{1, 2, 3, 4, 5\};$$

$$T \in \{1, 2, 3, 4, \dots, 11\};$$

$$P \in \{1, 2\};$$

$$M \in \{1, 2, 3, \dots, 12\}.$$

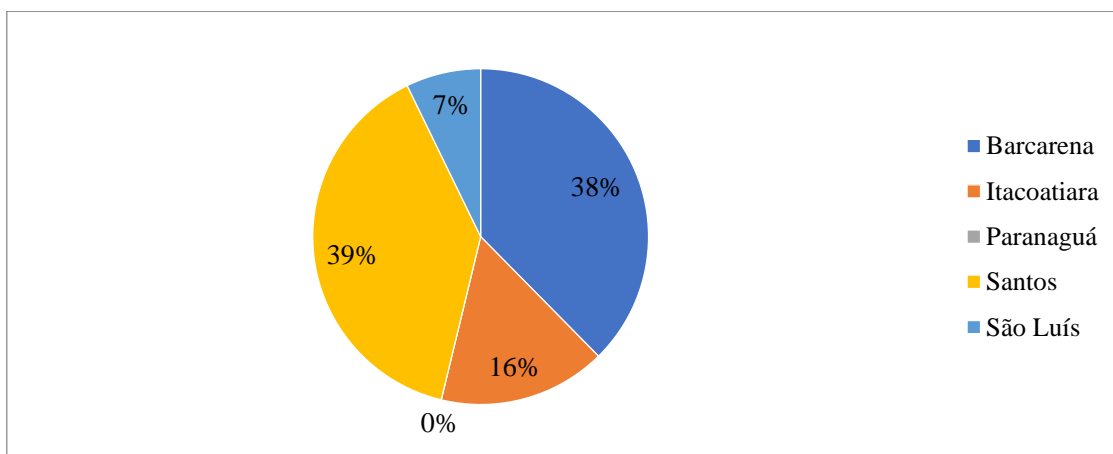
2.2 Recursos Computacionais

O modelo descrito acima foi formulado no software General Algebraic Modeling System (GAMS), sistema de modelagem para otimização matemática. Todos os inputs, ou seja, os parâmetros utilizados no modelo, e os resultados dados através da resolução da programação linear pelo software, foram tabelados utilizando o MS Excel, possibilitando melhor organização e interpretação das variáveis consideradas e dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados do modelo foi possível analisar os efeitos da inclusão do custo portuário na dinâmica de escoamento de grãos no estado do Mato Grosso em vários aspectos. Primeiramente, no que diz respeito ao volume total de grãos alocado entre os portos durante o ano, como mostrado no gráfico 2, no cenário sem custo portuário o porto de Santos colocava-se como o mais importante, com 39% de todo o volume escoado, seguido do porto de Barcarena que possuía 38%. Ademais, estavam os portos de Itacoatiara e São Luís com menores participações respectivamente, e o de Paranaguá que não recebeu nenhum volume. Essa configuração se dá pela distância relativa menor do porto de Santos em relação à maioria dos locais de origem, além das melhores condições de infraestrutura das vias de acesso ao porto, em comparação as rotas do Arco Norte.

Gráfico 2 - Participação dos portos no total escoado durante o ano, sem custo portuário.

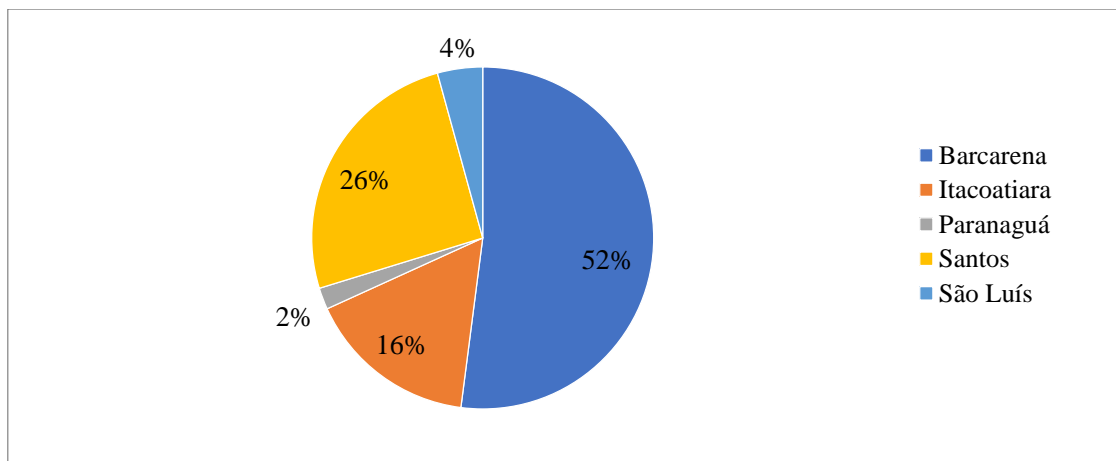


Fonte: Elaborado pelos autores

Com a inclusão do custo portuário na análise o porto de Barcarena torna-se o mais importante com 52% do volume escoado, enquanto porto de Santos assume a segunda posição com 26%, como mostrado no gráfico 3. Tal mudança pode ser explicada principalmente pela maior eficiência do porto de Barcarena em relação ao porto de Santos que apresenta em média 3,14 dias de espera, por ser um dos portos mais utilizados no Brasil, tanto para o escoamento da safra de grãos, quanto o de outras culturas e regiões, como o açúcar da região Centro Sul. A participação do porto de Itacoatiara continua estável, uma vez que o porto serve de escoamento para uma região cativa do oeste do estado de Mato Grosso, enquanto a de São Luís de diminuiu de 7% para 4% com a inclusão do custo portuário, graças a significativa

ineficiência do porto. O porto de Paranaguá, graças ao seu alto nível de eficiência, recebeu 2% do volume no cenário com inclusão do custo portuário.

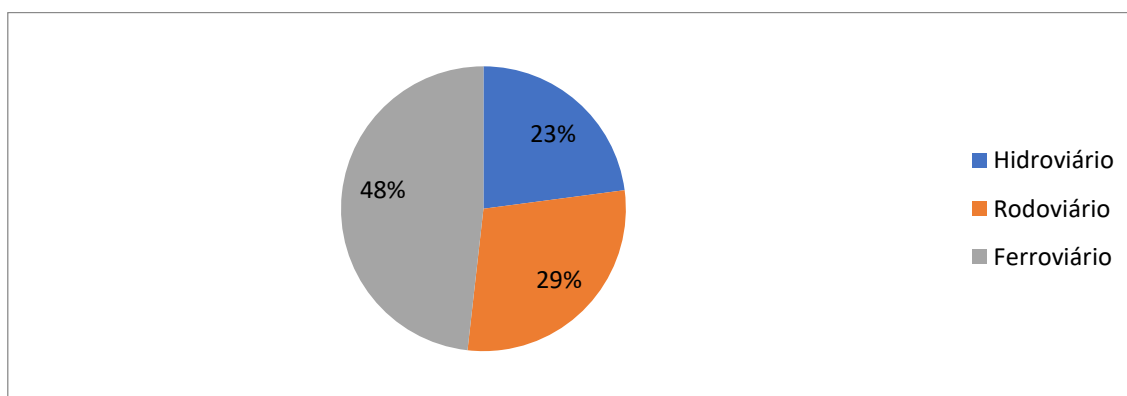
Gráfico 3 - Participação dos portos no total escoado durante o ano, com custo portuário.



Fonte: Elaborado pelos autores

Quanto à participação dos diferentes modais logísticos, as maiores alterações se deram no porto de Santos, no qual a divisão praticamente na metade entre transporte rodoviário e ferroviário no cenário sem custo portuário passou para uma participação de 73% da ferrovia com sua inclusão. Além do porto de Barcarena que teve uma redução na participação da hidrovia de 34% para 24%, em detrimento do aumento do modal rodoviário de 66% para 76%. No restante dos portos não houve alterações significativas, tendo o porto de São Luís e Itacoatiara usado somente o modal ferroviário e hidroviário respectivamente, em ambos os cenários.

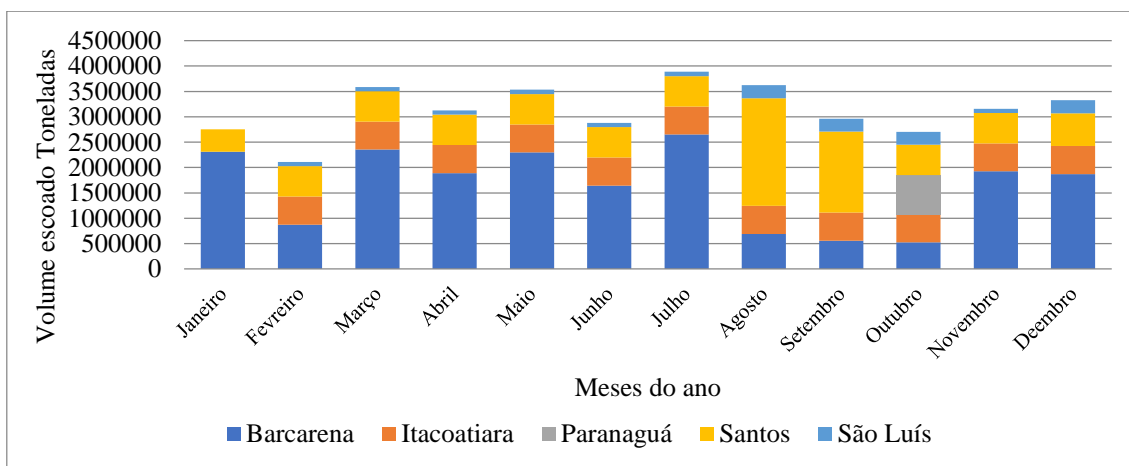
Gráfico 4 - Participação dos modais logísticos no escoamento dos grãos durante o ano



Fonte: Elaborado pelos autores

Além disso, no que diz respeito à sazonalidade das exportações durante o ano, é possível observar que ela segue o ano safrinha das duas culturas, tendo o primeiro pico a partir de março com a safra da soja, e o segundo a partir de julho com a safrinha do milho, como mostrado no gráfico 5. A mudança em relação ao cenário sem custo portuário é a maior presença do porto de Barcarena, principalmente a partir do segundo semestre do ano e nos meses de novembro e dezembro, quando a maioria do volume seria exportado pelo porto de Santos. O que explica o aumento da participação do porto de Barcarena de 38% para 52% como citado anteriormente.

Gráfico 5 – Evolução da participação dos portos no volume (toneladas) escoado durante o ano, com custo portuário.



Fonte: Elaborado pelos autores

4 CONCLUSÕES

Como discutido anteriormente, o Brasil tem aumentando cada vez mais seu potencial de produção de grãos, principalmente na região Centro Oeste, graças a grandes incrementos de produtividade associados ao campo, a políticas de governo, gestão e infraestrutura. Dentro desse último ponto, o país ainda tem grandes dificuldades em atender a demanda do setor por transporte eficiente e barato, sendo os custos associados à logística parte significativa dos custos totais das commodities, diminuindo sua competitividade no mercado internacional.

A eficiência portuária, nesse contexto, possui um papel chave na composição do custo logístico, e que não costuma ser considerado na tomada de decisão dos agentes, em detrimento da distância, condições das vias e outros fatores. A partir do modelo e da análise dos dados realizada neste trabalho, é possível notar que a inclusão dos custos portuários altera de maneira significativa a melhor alocação entre os portos, uma vez que considera além do

custo logístico associado à distância, os custos associados aos portos em si e a sua eficiência. Além do uso mais apropriado dos modais logísticos de acordo com sua capacidade disponível e menor custo associado.

Aumentando a importância do Arco Norte para escoamento da safra de grãos na Região do Mato Grosso, quando se leva em consideração a baixa eficiência associada ao porto de Santos. Dentro disso, a melhora da infraestrutura logística da região, como a recente pavimentação da BR 163, pode aumentar ainda mais seu potencial, uma vez que a região tem um fluxo de veículos menor em comparação com a região do porto de Santos, e conta com portos eficientes como o de Barcarena.

Além disso, a constante melhoria dos portos é fundamental para continuar atendendo a demanda crescente por transporte da produção brasileira de grãos, tornando-a mais competitiva e rentável com a diminuição dos custos logísticos.

REFERÊNCIAS

APROSOJA. A **HISTÓRIA DA SOJA**. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-da-soja>>. Acesso em: 04 set. 2019.

BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**; tradução Raul Rubenich. 5 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2010, p. 149-158.

BATALHA, M. O. (coord.). Gestão agroindustrial: **GEPAI: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais**. 5. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010. Vol. 2;

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT do Transporte 2016**. Brasília/DF, 2016.

CAIXETA FILHO, J. V. Logística para a agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Comércio Exterior**, 2010, n. 103, Abril/Junho, p. 18-30.

CAIXETA FILHO, J. V. Transporte e logística no sistema agroindustrial. **Preços Agrícolas: mercados agropecuários e agribusiness**, v. 10, n. 119, p. 2-7, 1996.

CEPEA/ESALQ. CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA/ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”. **Análise sobre o mercado de soja**. Mês de referência: abr. 2014. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/agromensal/2014/04_abril/Soja.htm>. Acesso em: 14 ago. 2019.

COPPEAD, UFRJ, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.centrodelogistica.com.br/new/fs-public.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2007

COSTA, F. G.; CAIXETA FILHO, J. V. Análise de perdas na comercialização de tomate: um estudo de caso. **Informações Econômicas**, vol. 26 (12), p. 9-24, dez. 1996.

COUGHLAN, Anne T.; ANDERSON, Erin; STERN, Louis W.; EL-ANSARY, Adel L. **Canais de Marketing e Distribuição**. Tradução: Lúcia Simonini. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 437 p.

Exportações do agronegócio somam US\$ 30.42 bilhões no quadrimestre. **Sociedade Nacional de Agricultura**, 2019. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/exportacoes-do-agronegocio-somam-us-30-42-bilhoes-no-quadrimestre/>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

FAGUNDES, Mayra Batista Bitencourt; DIAS, Daniela Teixeira; PEREIRA, Matheus Wemerson Gomes. **Impactos da produção de soja na economia de Mato Grosso do Sul**. Disponível em: <<file:///C:/Users/Gabriel/Desktop/Trabalho%20dos%20Novos/958-1988-1-SM.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2014.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, [FIESP]. (2018). **Safra mundial de Soja 2017/18**. Obtido em 12 de maio de 2018. Recuperado de <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisase-publicacoes/safra-mundial-de-soja/>.

FERRETI, Getúlio Góes. Problemas de transportes: comentários sobre a solução inicial de duas etapas. **Rev. adm. empres.**, São Paulo, v.16, n.1, p.25-29, Feb. 1976. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901976000100003&lng=en&nrm=iso>. Access on 14 June 2020. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901976000100003>.

Frittelli, J. F. (2005). Grain Transport: Modal Trends and Infrastructure Implications. **CRS Report for Congress**. Recuperado de <http://nationalaglawcenter.org/wp-content/uploads/assets/crs/RL32720.pdf>.

HIJJAR, M. F. **Logística, soja e comércio internacional**. Centro de Estudo em Logística.

KUSSANO, BATALHA. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 19, n. 3, p. 619-632, 2012

LIMA, D. P., FIORIOLLI, J. C., PADULA, A. D., & PUMI, G. (2018). The impact of Chinese imports of soybean on port infrastructure in Brazil: a study based on the concept of the “Bull-Whip Effect”. **Journal of Commodity Markets**, 9, 55-76. Doi: 10.1016/J.JCOMM.2017.11.001.

LOPES, H. S., LIMA, R. S., LEAL, F., & NELSON, A. C. (2017). Scenario analysis of Brazilian soybean exports via discrete event simulation applied to soybean transportation: the case of Mato Grosso State. **Research In Transportation Business & Management**, 25, 66-75. doi: 10.1016/j.rtbm.2017.09.002.

MARQUES, P. V.; MELLO, P. C.; MARTINES FILHO, J. G. **Mercados futuros e de opções agropecuárias**. Piracicaba/SP, Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP, 2006, Série Didática nº D-129.

OLIVEIRA, A. L. R. Perfil da logística de transporte de soja no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 17-25, 2006.c

PÉRA, T.G.; ROCHA, F.V.; SILVA NETO, S.; CAIXETA-FILHO, J.V. Análise dos impactos da Medida Provisória nº 832 de 2018 (Política de Preços Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas) na Logística do Agronegócio Brasileiro. Série: Logística do Agronegócio – Desafios e Oportunidades, v.3. Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG). Junho/2018, Piracicaba, SP

PINAZZA, L. A. (Coord.). Cadeia produtiva da soja. Brasília, DF: Mapa, SPA: IICA, 2007. (Agronegócios, 2).

PIVETA, M. N. *et al.* Mais Soja: Buscando Dominar o Mercado. **Revista Pretexto**, v. 19, n. 4, p. 76-87, 23 out. 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.21714/pretexto.v19i4.5932>. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/pretexto/article/view/5932>. Acesso em: 14 ago. 2019.

ROCHA. Tendências e Perspectivas para o porto de Santos. Monografia UNISANTOS, 2006.

ROSENBLOOM, Bert. Canais de Marketing. **Uma Visão Gerencial**. São Paulo: Atlas, 2002. 547 p

SOARES, M. G.; CAIXETA FILHO, J.V. Características do Mercado de Frete para Cargas Agrícolas. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, n. 121, p. 21-25, nov. 1996.

SOARES, T. C.; JACOMETTI, M. Estratégias que Agregam Valor nos Segmentos do Agronegócio no Brasil: um Estudo Descritivo. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 8, n. 3, p. 92-120, 2015.

TAVARES, C. E. C. Fatores críticos à competitividade da soja no Paraná e no Mato Grosso. **CONAB**. 2004. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Trabalho%20sobre%20Competitividade%20Soja%20MT%20e%20PR.pdf>. Acesso em 15 mar. 2007.

