

Análise de roteirização aplicada ao transporte multimodal para escoamento da produção agrícola do estado do mato grosso**Routing analysis applied to multimodal transportation for the flow of agricultural production in the state of mato grosso**

DOI:10.34117/bjdv6n9-154

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação: 08/09/2020

Flávia Aline Waydzik

Mestranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: flaviaaw@hotmail.com

Robson Seleme

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: robsonseleme@hotmail.com

Wiliam de Assis Silva

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: wiliamdeassis@gmail.com

Dyeison Mlenek

Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: dyeison.mlenek@hotmail.com

RESUMO

Visando ao crescimento do transporte de cargas e maior competitividade no mercado internacional, esta pesquisa apresenta a análise de roteirização nas exportações de commodities agrícolas brasileiras. A diversificação da matriz de transportes nacional pode induzir a redução de custos logísticos no transporte de cargas da região Centro-oeste do Brasil até os portos marítimos. Diante da necessidade de melhorias da qualidade e da eficiência do sistema de transportes para atender as expectativas do crescimento econômico, é recomendado desenvolver estudos que auxiliem a definição de prioridades de investimentos, visando ao equilíbrio econômico e social do Brasil. Para tanto, propõem-se uma metodologia de análise de roteirização baseada em pares Origem-Destino pré-definidos conforme dados de exportação nacional e internacional, vinculados aos custos de transporte. Esse estudo buscou definir o melhor trajeto para transporte das cargas do estado do Mato Grosso, grande produtor de grãos do país, através da interação multimodal. Dessa forma foi possível definir a melhor rota para cada par O/D e identificar que os percursos atualmente utilizados possuem menores benefícios financeiros. Destaca-se que o modal hidroviário resultou custos menores mesmo considerando distâncias maiores aos outros modais. A combinação multimodal rodoviário/ferroviário apresentou-se similar à combinação rodoviário/hidroviário em alguns casos.

Palavras chave: Transporte multimodal, custos logísticos, roteirização, pares O/D.

ABSTRACT

The growth of cargo transportation and the greater promotion in the international market, consider how to require a routing analysis in exports of Brazilian agricultural commodities. A diversification of national transport matrix can induce a reduction in logistical costs in the transportation of cargo from the Midwest region of Brazil to the seaports. In view of the need to improve quality and the efficient transport system to meet the expectations of economic growth, it is essential to study studies that assist in the definition of investments, in the economic and social balance of Brazil. To do so, propose a routing analysis methodology based on pre-applicable Origin-Destination pairs of national and international export data, linked to the transport costs. This study sought to define the best way to transport cargo in the state of Mato Grosso, a major grain producer in the country, through multimodal interaction. Thus, it was possible to define the best route for each O / D and to identify the currently used shorter routes. It is noteworthy that the waterway modal resulted in lower costs even considering greater distances from other modes. The multimodal road + rail combination was similar to the road + waterway combination in some cases.

Keywords: Multimodal transport, logistics costs, routing, O/D pairs.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os principais fatores que norteiam o desenvolvimento econômico de uma nação, destaca-se o transporte de pessoas e produtos. Neste contexto, compreender os detalhes relacionados às facilidades e trâmites dos serviços de transporte é um elemento fundamental para o equacionamento econômico de um país (ANTAQ, 2017).

Conforme relatório publicado pelo Banco Mundial (2017) ressalta-se que a infraestrutura é determinante para o desenvolvimento econômico e para a integração comercial interna e internacional. É de conhecimento geral, de políticos e empresários, que a deficiência na infraestrutura vem atrasando o crescimento de países devido à baixa qualidade da rede de transporte.

Sendo um país em desenvolvimento, o Brasil carece de um sistema logístico de transporte eficiente, pois além de obsoleto e pouco estratégico, é muito custoso (REIS, 2011). Os problemas brasileiros de infraestrutura logística tornam as operações no país mais custosas e até mesmo mais lentas e/ou de longas distâncias. Conforme apresentado por Seleme *et al.* (2017), Brasil e EUA possuem dimensões continentais similares, cujas distâncias médias dos locais de produção até os portos marítimos de exportação são semelhantes. No entanto, este mesmo equilíbrio não se apresenta no custo logístico, uma vez que o custo de transporte por tonelada no Brasil equivale, em média, a quase três vezes do que o custo nos EUA.

A título de exemplo, no Brasil os produtos agroindustriais, em especial os grãos sólidos, apresentam um baixo valor agregado. Por outro lado, as regiões produtoras e consumidoras muitas vezes são bastante distantes, pela natureza migratória da agricultura para regiões de fronteira agrícola, que estão cada vez mais ao norte do país (GAMEIRO, 2003).

Conjuntamente, esses fatores conferem custos significativos à distribuição dos produtos, uma vez que o Brasil tende a escoar sua produção rumo aos portos localizados à costa do oceano Atlântico. Entretanto, devido à expansão dos mercados globais, existe o interesse em saídas alternativas por novas rotas interligando a produção com o oceano atlântico (ALMEIDA, SELEME e CARDOSO, 2013).

Dados da Embrapa (2019) apontam que o Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo, alcançando, em 2015/2016, uma safra de 166,5 milhões de toneladas, com estimativa de crescimento para 255 milhões de toneladas em dez anos. Além disso, o país só ficou atrás dos EUA em quantidade de toneladas de soja produzidas na safra de 2018/2019, e contava com uma estimativa de produção de 123 milhões de toneladas para a safra de 19/20, conforme Tabela 1 que ilustra um comparativo entre os principais produtores mundiais do grão.

Tabela 1- Principais produtores de soja

Produção mundial de soja (milhões de ton)				
Países	Safras		Variação	
	18/19	Estimativa 19/20	Abs.	%
Brasil	117,0	123,0	6	5,1
EUA	120,5	96,6	-23,9	-19,8
Argentina	55,3	53,0	-2,3	-4,2
China	15,9	18,1	2,2	13,8
Demais	49,5	46,8	-2,7	-5,5
Mundo	358,2	337,5	-20,7	-5,8

Fonte: FIESP, 2019.

Os dados da FIESP (2019) apontam ainda que era prevista uma queda na soja produzida pelos EUA e que essa diferença poderia ser apropriada pelo Brasil. Segundo dados do IBGE com a supersafra brasileira no ano de 2020, atingindo o recorde de 119,9 milhões de toneladas de grão de soja no primeiro semestre, o Brasil de fato recupera o posto de maior produtor mundial de soja, ultrapassando a produção dos Estados Unidos em aproximadamente 23 milhões de toneladas (NEDER, 2020).

No Brasil, a região Centro-Oeste tem correspondido por parcelas cada vez maiores das exportações brasileiras, tendo como base a produção das *commodities* agrícolas. A expansão da fronteira agrícola e os avanços tecnológicos permitiram o crescimento agropecuário da região, ocasionando elevação do Produto Interno Bruto (PIB) nacional no setor (BNDES, 2014).

De acordo com dados da Embrapa (2020), a produção de milho, juntamente com a de soja, contribui com cerca de 80% da produção nacional de grãos. Em relação à produção de soja, dados da Embrapa apontam que a safra brasileira de 2018/2019 totalizou aproximadamente 117 milhões de toneladas, sendo que 28% corresponde à produção do Mato Grosso, em torno de 32 milhões de toneladas, classificando o estado como maior produtor brasileiro de soja. Já no cultivo do milho, o estado produz 38% da produção nacional na safra de inverno, participação que, na safra de 2018/2019, representou mais de 17 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Especificamente em relação aos aspectos logísticos, são cinco os modais de transporte de cargas mais usuais: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Os modais são selecionados conforme o tipo de carga a ser transportada, principalmente de acordo com as características específicas em sua operacionalização e custos (KONISHI e COLAVITE, 2015).

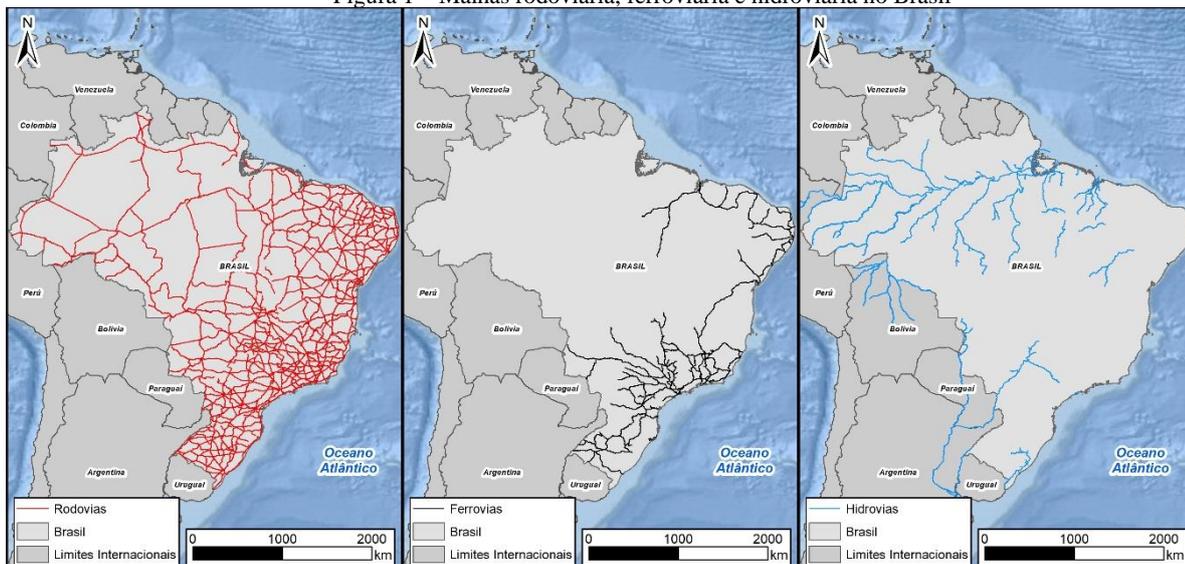
Referente aos modais associados ao transporte de grãos, conforme CNT (2015), os mais representativos no contexto brasileiro são o rodoviário (65% dos grãos transportados), ferroviário (26%) e aquaviário (9%), conforme detalhado a seguir.

Em relação ao modal rodoviário, é notável a concentração dos transportes brasileiros neste modal, pode-se dizer que o Brasil é um país essencialmente rodoviário, pela quantidade de estradas construídas em comparação às possíveis alternativas. De acordo com Rodrigues (2002), o menor custo de implantação por quilômetro é uma das explicações para a rápida ampliação da infraestrutura rodoviária, além, do menor prazo para construção de rodovias. No entanto, tal modal não é adequado para longas distâncias e também é caracterizado por uma baixa quantidade de carga transportada por veículo, tornando-o assim um modal menos adequado considerando aspectos de eficiência energética.

O modal ferroviário é caracterizado, principalmente, pela capacidade de transportar grandes volumes, com eficiência energética. Este transporte é recomendado para deslocamentos de médias e grandes distâncias. Segundo dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2020), o Brasil conta com uma malha ferroviária de 25.599 km de extensão. Outro fator a ser considerado nesse modal é a segurança no transporte de cargas, possuindo um menor índice de acidentes e menor incidência de furtos e roubos que o modal rodoviário.

Sobre as hidrovias, levantamentos feitos pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2012) apontou uma extensão de 20.856 km de vias economicamente navegáveis. Porém, ainda de acordo com a ANTAQ, apenas 5% do que o Brasil produz é escoado por rios e pouco tem-se investido no modal hidroviário. Observa-se que este modal costuma ser bastante adequado para longas distâncias devido a grande capacidade de carga dos seus veículos, no entanto, é um modal dependente de condições ambientais e de investimentos em infraestrutura. A Figura 1 apresenta as malhas rodoviária, ferroviária e hidroviária do Brasil, respectivamente.

Figura 1 – Malhas rodoviária, ferroviária e hidroviária no Brasil



Fonte: Adaptado de DNIT (2015), IBGE (2015), ANTAQ (2016).

Por meio da observação da figura 1 é nítida a concentração de rodovias no Brasil dada a densidade de estradas disponíveis, observa-se também a falta de integração da malha ferroviária, o que é um grande entrave para a utilização em larga escala do modal e a dependência de condições ambientais associadas ao modal aquaviário, já que no caso das hidrovias é preciso que existam rios que permitam a navegação.

Para Ballou (2001), o transporte é geralmente o elemento mais importante nos custos logísticos para a maioria das empresas, pois a movimentação de fretes absorve entre um a dois terços do total dos custos logísticos. O autor ainda destaca que, em um país ou uma região com um sistema de transporte precariamente desenvolvido, a abrangência do mercado limita-se a áreas imediatamente próximas dos pontos de produção.

Na alternativa integrada dos modais de transporte, tem-se a multimodalidade e a intermodalidade. A principal diferença entre os dois é que o transporte intermodal necessita de documentos diferentes para cada transporte envolvido, o que pode acarretar maior custo, burocracia e tempo (DEMARIA, 2004).

O Transporte Multimodal de Cargas compreende, além do transporte em si, os serviços de coleta, unitização, desunitização, movimentação, armazenagem e entrega de carga ao destinatário, bem como a realização dos serviços correlatos que forem contratados entre a origem e o destino, inclusive os de consolidação e desconsolidação documental de cargas (LIMA *et al.*, 2009).

A partir deste contexto acerca da significativa importância do mercado agrícola brasileiro, da grande representatividade produtiva da região Centro-Oeste e o do estado do Mato Grosso (MT), considerando os latentes problemas de infraestrutura logística do Brasil e as alternativas de combinação de modais de transporte, este trabalho tem por objetivo elencar os principais pares de Origem-Destino (O/D) de produção das *commodities* agrícolas do MT e verificar a melhor rota de escoamento através da análise da distância e do custo de transporte.

2 METODOLOGIA

Essa análise de roteirização buscou elencar os principais pares Origem-Destino (O/D) para verificar a melhor rota de escoamento através da análise da distância e do custo de transporte. A simulação logística ocorre interligando um ponto de origem (centroide) com um ponto de destino (polo de atração).

Os centroides, neste caso, foram definidos através dos dados históricos de exportação do estado do MT entre os anos de 2009 e 2019, dos produtos soja e milho, da base de dados Siscomex (2020). Essa seleção permitiu restringir a análise aos municípios de Sorriso (1), Primavera do Leste

(2), Campo Novo do Parecis (3), Nova Mutum (4) e Sinop (5), detalhada na seção 2.1 que apresenta a definição dos centroides de cargas.

Para os polos de atração foram selecionados os portos de Santos-SP, Paranaguá-PR e Rosário-ARG. Conforme levantado por Popov (2019), os três principais portos de exportação brasileira de soja são: Santos (SP) com 16,9 milhões de toneladas exportadas no ano de 2019, Rio Grande (RS) com 12,2 milhões de toneladas e Paranaguá (PR) com 10,9 milhões de toneladas. Devido à distância geográfica, o porto de Rio Grande não foi considerado nesse estudo, sendo analisados apenas os portos brasileiros de Santos e Paranaguá, e o porto argentino de Rosário por causa da sua ligação com a Hidrovia Paraguai-Paraná para o escoamento de cargas.

A análise de custos de transporte baseou-se no estudo da prática regulatória, vantagens competitivas e oferta e demanda de carga entre os países signatários do acordo da Hidrovia Paraguai-Paraná da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2017) e encontra-se detalhada na seção 2.2 acerca da definição de custos de transporte.

2.1 DEFINIÇÃO DOS CENTROIDES DE CARGAS

A partir dos dados de exportação levantados na base do Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex - 2020), levantou-se o histórico de exportação dos municípios do estado de Mato Grosso para os produtos soja e milho, entre os anos de 2009 e 2019.

Portanto, na Tabela 2 são apresentados os 10 maiores exportadores de soja e de milho do estado de Mato Grosso, considerando o total acumulado de exportação para cada produto entre as safras de 2009 e 2019. A partir da Tabela 2 e Tabela 3, é possível identificar que 8 dos 10 principais municípios coincidem tanto para a exportação de soja quanto de milho.

Tabela 2- Principais municípios exportadores de soja do MT

Município	Milhões de toneladas (acumulado 2009 a 2019)
Soja	
Sorriso - MT	17.471.409,18
Querência - MT	8.292.102,84
Campo Novo do Parecis - MT	7.596.344,50
Sapezal - MT	6.945.403,40
Primavera do Leste - MT	6.866.110,71
Sinop - MT	6.843.662,75
Nova Mutum - MT	6.657.635,24
Cuiabá - MT	5.897.739,96
Lucas do Rio Verde - MT	5.289.966,60
Rondonópolis - MT	4.268.195,05

Fonte: Siscomex, 2020.

Tabela 3- Principais municípios exportadores de milho do MT

Município	Milhões de toneladas (acumulado 2009 a 2019)
	Milho
Sorriso - MT	24.764.847,98
Primavera do Leste - MT	9.625.934,33
Nova Mutum - MT	7.581.816,11
Sinop - MT	7.270.648,68
Campo Novo do Parecis - MT	6.825.738,69
Lucas do Rio Verde - MT	6.588.448,50
Rondonópolis - MT	5.688.413,09
Sapezal - MT	5.301.543,61
Diamantino - MT	4.262.305,15
Alto Araguaia - MT	4.198.008,01

Fonte: Siscomex, 2020.

Dessa forma, foram utilizados para a análise os cinco municípios que, somadas as cargas de soja e milho possuem representatividade de 56% no total de cargas desses produtos exportados pelo estado, conforme exposto na Tabela 4 e Figura 2

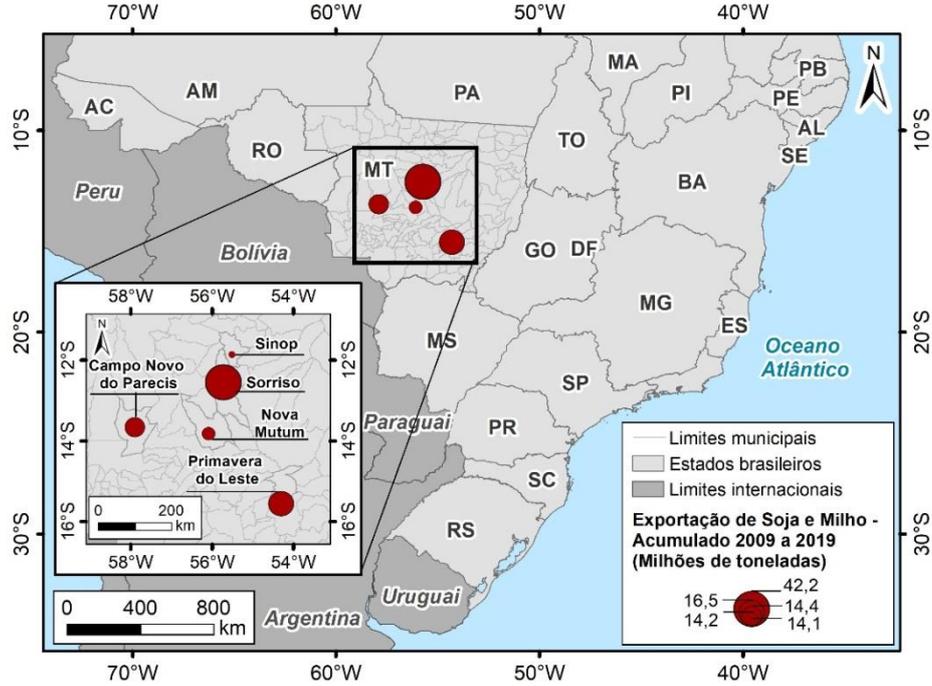
Tabela 4- Principais municípios exportadores de soja e milho do MT

Município	Milhões de toneladas			Participação (%)
	Soja	Milho	Soja + Milho	
Sorriso - MT	17.471.409,18	24.764.847,98	42.236.257,16	18%
Campo Novo do Parecis - MT	7.596.344,50	6.825.738,69	14.422.083,19	6%
Sapezal - MT	6.945.403,40	5.301.543,61	12.246.947,01	5%
Primavera do Leste - MT	6.866.110,71	9.625.934,33	16.492.045,04	7%
Sinop - MT	6.843.662,75	7.270.648,68	14.114.311,43	6%
Nova Mutum - MT	6.657.635,24	7.581.816,11	14.239.451,35	6%
Lucas do Rio Verde - MT	5.289.966,60	6.588.448,50	11.878.415,11	5%
Rondonópolis - MT	4.268.195,05	5.688.413,09	9.956.608,15	4%
Total MT	118.908.909,29	121.205.532,92	240.114.442,21	100%

Fonte Adaptado de: Siscomex, 2020.

A Figura 2 representa geograficamente os municípios analisados na pesquisa, indicando o histórico de exportação deles para o período de 2009 a 2019.

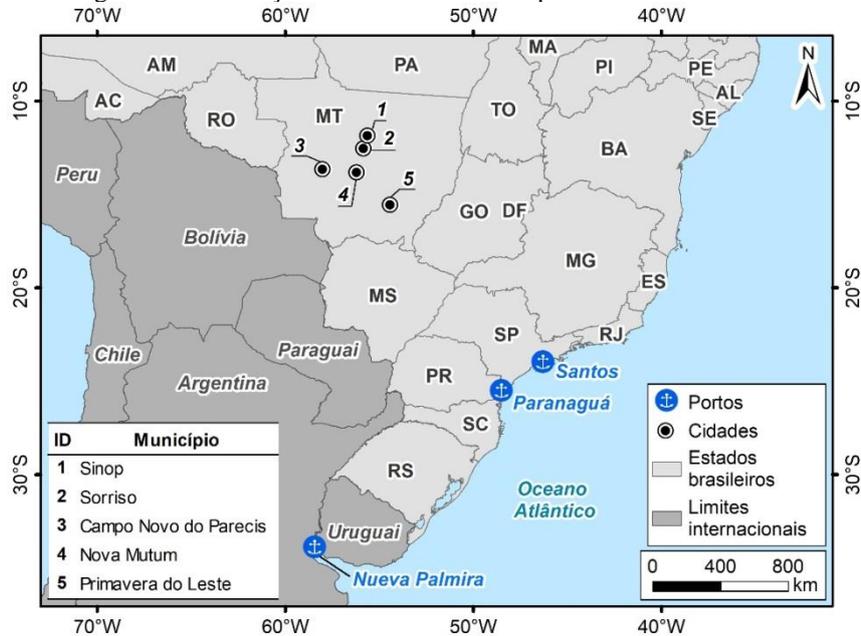
Figura 2- Principais municípios exportadores de soja e milho do estado do MT no período de 2009 a 2019.



Fonte: Os autores, 2020.

A Figura 3 apresenta os cinco municípios definidos para o estudo e os três principais portos de destino, que irão compor as opções de matriz O/D (Paranaguá, Santos e Rosário).

Figura 3- Localização dos centroides e dos portos de saída marítima



Fonte: Os autores, 2020.

Conforme apresentado na Figura 3, os municípios encontram-se, de forma geral, na região central do estado do Mato Grosso. As distâncias rodoviárias médias até os portos de Santos e Paranaguá são de aproximadamente 2.000 quilômetros. Para o porto de Nova Palmira é necessário utilizar o transporte hidroviário, contemplando um trecho de mais de 3.000 quilômetros por hidrovia, entretanto o transporte rodoviário reduz para uma média de 480 quilômetros. No caso da alternativa utilizando a ferrovia, são 1.329 quilômetros ferroviários combinados com uma média de 800 quilômetros rodoviários.

2.2 DEFINIÇÃO DE CUSTOS

Para a estimativa de custo para cada uma das rotas propostas, foi utilizada a metodologia apresentada pela ANTAQ (2017) a qual resultou em custos similares ao Plano Hidroviário Estratégico (PHE, 2013) onde existe uma proporção fixa de custos entre os modais, adotando o modal rodoviário como base (100%).

O estudo contemplou a análise considerando os custos fixos e variáveis para o modal rodoviário e hidroviário, e os custos da construção e operação no caso das ferrovias, além de considerar demais fatores como, por exemplo, custo de transbordo e demais tarifas que envolvem o transporte com mais de um modal. O Quadro 1 apresenta os parâmetros considerados na composição de custo para cada modal.

Quadro 1 – Parâmetros utilizados para a composição de custo

Parâmetros Rodoviários		Parâmetros Ferroviários	Parâmetros Hidroviários	
Custos Fixos	Custos Variáveis	Custos Fixos e Variáveis	Custos Fixos	Custos Variáveis
Remuneração de capital	Manutenção do veículo	Via permanente	Remuneração de capital	Manutenção
Motorista	Combustível	Operação	Salário da tripulação	Combustível
Mecânico	óleos	Mecânica	Seguro	Lubrificantes
Reposição/depreciação	Lavagem e lubrificação	Tecnologia	Reposição da embarcação	
Licenciamento do veículo	Pneus	Informatizada e embarcada	Outras despesas	
Seguro				
Outras despesas				

Fonte: Adaptado de Antaq, 2017.

A Tabela 5 apresenta os resultados do comparativo intermodal para o Brasil. Ressalta-se que este estudo refere-se ao transporte de carga do tipo granel sólido agrícola, em que os custos são referentes ao transporte a granel em caminhões bi-trem, em trens e em comboios de formação 2x3 (composto por seis barcaças). De acordo com os custos apresentados, o transporte hidroviário representa cerca de 25% dos custos do transporte rodoviário, enquanto que o ferroviário representa 48%.

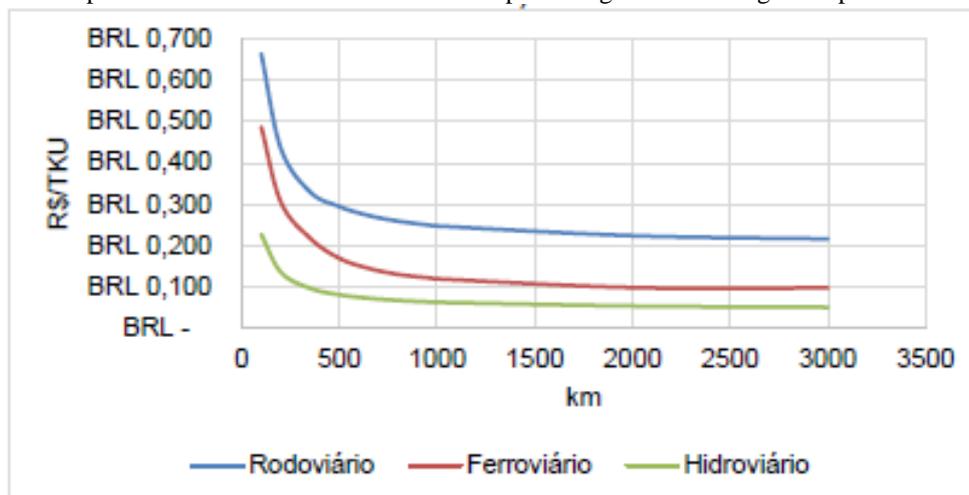
Tabela 5- Comparativo intermodal dos custos de transporte de granel sólido agrícola por faixa de distância

Modal/Tipo de carga	Granel Sólido	Granel Sólido Agrícola	Granéis Líquidos	Carga Geral
Rodoviário	100%	100%	100%	100%
Ferrovário	48%	48%	52%	32%
Hidroviário	18%	25%	37%	39%

Fonte: Adaptado de Antaq, 2017.

Na Figura 4 são representados os custos em gráfico comparativo para os 3 modais, considerando o custo por tonelada quilômetro útil (R\$/TKU), que pode ser entendida como as toneladas da carga transportada, sem considerar a tara dos equipamentos.

Figura 4 - Comparativo intermodal dos custos de transporte de granel sólido agrícola por faixa de distância



Fonte: Antaq, 2017.

Outro fator importante a ser levado em consideração na Figura 4 é que, para distâncias acima de mil quilômetros, o custo por TKU praticamente estabiliza. Portanto, em algumas análises com distâncias menores pode haver alteração nos resultados devido à contribuição dos custos fixos na composição dos custos.

2.3 PROCEDIMENTO DE ROTEIRIZAÇÃO

O estudo de roteirização considerou origens e destinos definidos conforme os centroides de cargas e as principais possibilidades de destino. Sendo assim, foram analisadas as combinações propostas na Tabela 6.

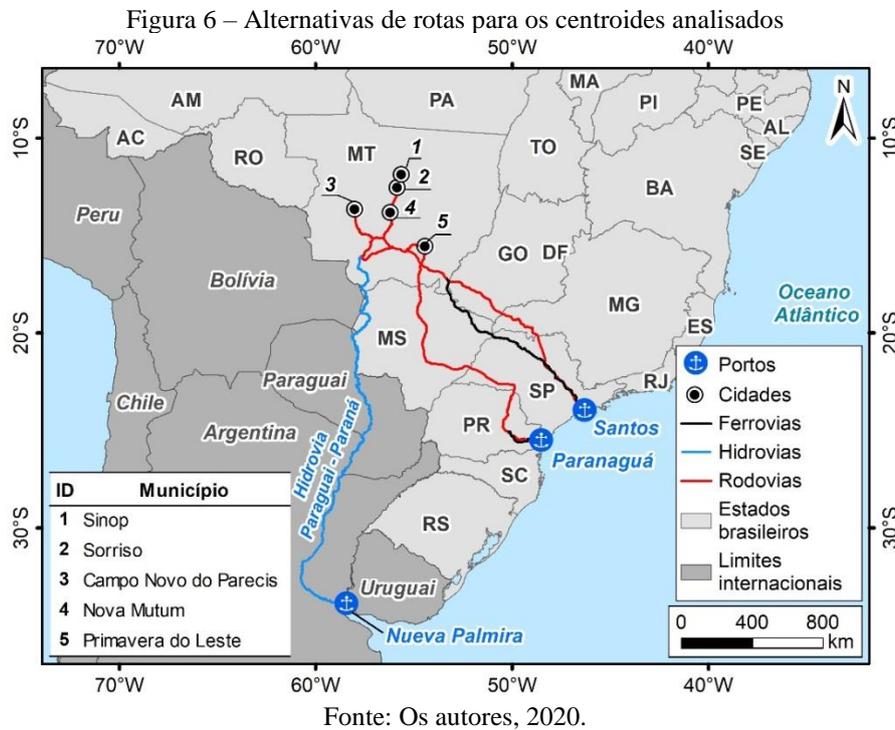
Tabela 6 – Rotas analisadas

Origem	Destino	Modal	Distância (km)	Dist. Total (km)
Sorriso –MT	Paranaguá -PR	Rodoviário	2.169	2.169
Sorriso –MT	Santos -SP	Rodoviário	2.005	2.005
Sorriso –MT	Santos -SP	Rodoviário + Ferroviário	816 + 1.329	2.145
Sorriso –MT	Rosário -ARG	Rodoviário + Hidroviário	554 + 3.706	4.260
Primavera do Leste –MT	Paranaguá -PR	Rodoviário	1.688	1.688
Primavera do Leste –MT	Santos -SP	Rodoviário	1.525	1.525
Primavera do Leste –MT	Santos -SP	Rodoviário + Ferroviário	336 + 1.329	1.665
Primavera do Leste –MT	Rosário -ARG	Rodoviário + Hidroviário	454 + 3.706	4.160
Campo Novo do Parecis -MT	Paranaguá -PR	Rodoviário	2.164	2.164
Campo Novo do Parecis -MT	Santos -SP	Rodoviário	2.001	2.001
Campo Novo do Parecis -MT	Santos -SP	Rodoviário + Ferroviário	811 + 1.329	2.140
Campo Novo do Parecis -MT	Rosário -ARG	Rodoviário + Hidroviário	378 + 3.706	4.084
Nova Mutum –MT	Paranaguá -PR	Rodoviário	2.011	2.011
Nova Mutum –MT	Santos -SP	Rodoviário	1.848	1.848
Nova Mutum –MT	Santos -SP	Rodoviário + Ferroviário	659 + 1.329	1.988
Nova Mutum –MT	Rosário -ARG	Rodoviário + Hidroviário	397 + 3.706	4.103
Sinop – MT	Paranaguá -PR	Rodoviário	2.251	2.251
Sinop – MT	Santos -SP	Rodoviário	2.087	2.087
Sinop – MT	Santos -SP	Rodoviário + Ferroviário	898 + 1.329	2.227
Sinop – MT	Rosário -ARG	Rodoviário + Hidroviário	636 + 3.706	4.342

Fonte: Os autores, 2020.

Conforme tabela 6, pode-se observar que os percursos mais extensos são aqueles que utilizam a Hidrovia como alternativa de escoamento de carga, e que os percursos menores utilizam apenas o modal rodoviário.

A Figura 6 apresenta as opções de rotas entre os pares O/D selecionados, considerando alternativas multimodais para os portos utilizados como saída marítima neste estudo.



A partir do traçado das rotas, foi possível obter os dados de distância para cada modalidade ou multimodalidade de transporte, conforme apresentado na Tabela 6.

Através das distâncias totais encontradas, foi utilizada a planilha de custos que compôs a Tabela 3 para identificar o valor unitário (R\$/t) das movimentações de carga desejadas. A seguir são apresentados os resultados obtidos.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

O cálculo de custo para cada alternativa de rota foi realizado de acordo com as distâncias e o preço por TKU, encontrando valores em reais por tonelada para cada par O/D, conforme apresentado na Tabela 7.

A análise pontual para cada par Origem-Destino, mostrou que mesmo com distâncias maiores, o transporte de cargas pelo modal hidroviário destaca-se sempre como mais barato, exceto no trecho Primavera do Leste/Rosário, onde o custo de utilização do modal rodoviário/hidroviário apresentou custos maiores do que a utilização do modal rodoviário/ferroviário. Isto se deu devido ao fato de a distância rodoviária até o terminal de Araguaia ser menor do que a distância rodoviária até o terminal de Cáceres, o que causou impactos consideráveis no custo.

Em alguns casos o transporte multimodal de rodoviário juntamente com ferroviário apresenta pouca diferença em custos para o multimodal rodoviário e hidroviário, como é o caso dos pares O/D de Nova Mutum a Santos ou Rosário e de Sinop a Santos ou Rosário.

Tabela 7 – Comparativo de custos entre as rotas analisadas

Nº	Origem	Destino	Modal	Distância (km)	Dist. Total (km)	R\$/t
1	Sorriso	Paranaguá	Rodoviário	2.169	2.169	480,65
2	Sorriso	Santos	Rodoviário	2.005	2.005	447,72
3	Sorriso	Santos	Rodoviário + Ferroviário	816 + 1.329	2.145	428,34
4	Sorriso	Rosário	Rodoviário + Hidroviário	554 + 3.706	4.260	362,35
5	Primavera do Leste	Paranaguá	Rodoviário	1.688	1.688	384,36
6	Primavera do Leste	Santos	Rodoviário	1.525	1.525	351,82
7	Primavera do Leste	Santos	Rodoviário + Ferroviário	336 + 1.329	1.665	332,43
8	Primavera do Leste	Rosário	Rodoviário + Hidroviário	454 + 3.706	4.160	342,36
9	Campo Novo do Parecis	Paranaguá	Rodoviário	2.164	2.164	479,54
10	Campo Novo do Parecis	Santos	Rodoviário	2.001	2.001	447,02
11	Campo Novo do Parecis	Santos	Rodoviário + Ferroviário	811 + 1.329	2.140	427,38
12	Campo Novo do Parecis	Rosário	Rodoviário + Hidroviário	378 + 3.706	4.084	327,16
13	Nova Mutum	Paranaguá	Rodoviário	2.011	2.011	449,06
14	Nova Mutum	Santos	Rodoviário	1.848	1.848	416,35
15	Nova Mutum	Santos	Rodoviário + Ferroviário	659 + 1.329	1.988	397,01
16	Nova Mutum	Rosário	Rodoviário + Hidroviário	397 + 3.706	4.103	330,98
17	Sinop	Paranaguá	Rodoviário	2.251	2.251	497,02
18	Sinop	Santos	Rodoviário	2.087	2.087	464,15
19	Sinop	Santos	Rodoviário + Ferroviário	898 + 1.329	2.227	444,79
20	Sinop	Rosário	Rodoviário + Hidroviário	636 + 3.706	4.342	378,71

Fonte: Os autores, 2020.

Dentre as rotas analisadas, as que contemplam apenas o modal rodoviário, obtiveram custos (R\$/t) variando entre 350,00 a 500,00 reais por tonelada. A rota mais econômica é o par O/D de Primavera do Leste ao porto de Santos, com 1.525 km de distância. Proporcionalmente à distância, a rota de maior custo é a de Sinop a Paranaguá, com mais de 2.200 km de deslocamento. Para a rota

mista nos modais rodoviário e ferroviário, o menor custo de transporte foi identificado no trajeto de Primavera do Leste ao porto de Santos. Para a composição entre os modais rodoviário e hidroviário, a saída de Campo Novo do Parecis destacou-se como mais vantajosa nos custos analisados.

A Figura 7 apresenta um comparativo entre as distâncias totais percorridas e o custo total em cada alternativa. Pode-se verificar que as alternativas 4, 8, 12, 16 e 20 são pelo modal hidroviário que, conseqüentemente, possuem maior distância de deslocamento. Entretanto, os custos totais são mais baixos que rotas com a metade da distância, por exemplo. Destacam-se os custos das alternativas 1, 9, 13 e 17, sendo estas alternativas até o porto de Paranaguá utilizando exclusivamente o meio rodoviário para o transporte das cargas.

Figura 7 – Comparativo entre distância e custo das rotas analisadas



Fonte: Os autores, 2020.

Vale ressaltar que a escolha entre o modal deve também levar em consideração as características da carga em relação a validade e a prazo de entrega. O modal hidroviário, por exemplo, ganha destaque no custo em relação aos demais, porém conta com distâncias mais longas que causam impacto direto no tempo de entrega da carga.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou de forma simplificada a discrepância entre os custos de transporte para os modais analisados. O Brasil pode ser considerado um país de cultura rodoviária, devido a sua atual matriz de transporte, porém ao mesmo tempo que isso pode representar maior rapidez no transporte, também acarreta em perda de lucro e de competitividade das *commodities* no mercado

internacional. Tratando-se de cargas não perecíveis, como o caso de grãos, é válido repensar nas alternativas logísticas que minimizem os custos de transporte.

Além disso, a infraestrutura rodoviária e portuária, ao longo do crescimento populacional e de demanda, necessitará de uma ampliação e/ou atualização para atender as necessidades do mercado. Por exemplo, o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento – PDZ - do porto de Santos (2020), utilizado no estudo de roteirização, prevê um aumento de 60% na movimentação de cargas até o ano de 2040.

Portanto, é importante chamar a atenção de todos os atores envolvidos no processo (produtores, cooperativas e transportadoras), desde a produção até a venda dos produtos e buscar maneiras de utilizar rotas com melhores relações de custo e benefícios, visando principalmente à redução de custos.

A partir do estudo realizado, sugere-se a continuidade na pesquisa e levantamento/atualização de dados, possibilitando expandir cada vez mais o tema e a necessidade de mudanças na logística do transporte brasileiro de cargas a fim de minimizar os custos de transporte.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cleibson Aparecido de; SELEME, Robson; CARDOSO NETO, João. **Rodovia Transoceânica: uma alternativa logística para o escoamento das exportações da soja brasileira com destino à China**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 51, n. 2, p. 351-368, 2013.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários, 2012. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/O-cen%C3%A1rio-atual-da-navega%C3%A7%C3%A3o-interior-no-Brasil.pdf>>.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Base cartográfica vetorial de transportes aquaviários. Brasília: ANTAQ, 2016. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/index.php/informacoes-geograficas/>>.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários, 2017. **Estudo da prática regulatória, vantagens competitivas e oferta e demanda de carga entre os países signatários do Acordo da Hidrovia Paraguai-Paraná**.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2020. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/cargas/arquivos_old/Ferrovuario.html>.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

BANCO MUNDIAL, 2017. Relatório nº 117392-BR. Disponível em: <<http://documents1.worldbank.org/curated/pt/237341502458978189/pdf/117392-PORTUGUESE-PorBacktoPlanningFinal.pdf>>

BNDES. Banco Nacional do Desenvolvimento. **Um olhar territorial para o desenvolvimento: Centro-Oeste**, 2014.

CNT – Economia em Foco - Entraves Logísticos ao Escoamento de Soja e Milho, 2015 - disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/ECONOMIA%20FOCO/economia_em_foco_22jun2015.pdf>. Acesso em 28 de jul. 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2019. Acompanhamento da Safra Brasileira. Disponível em: <https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk01f7gpKUGsIMzMIBAiSmoFcD867vg%3A1595020239521eei=zxMSX5asHe85OUPkM6dyAgeq=toneladas+produzidas+de+milho+mt+safra+2018%2F2019eoq=toneladas+produzidas+de+milho+mt+safra+2018%2F2019egs_lcp=CgZwc3ktYWIQAzoECAAQRzoFCCEQoAE6BwghEAoQoAFQojBY1kNgq0VoAXABeACAAa4BiAH2EJIBBDAuMTeYAQCgAQGqAQdnd3Mtd2l6esclient=psy-abeved=0ahUKEwjWz6S2mdXqAhVnHrkGHRBnB4kQ4dUDCAweuact=5>.

DEMARIA, M. **O Operador de Transporte Multimodal como Fator de Otimização da Logística**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Base cartográfica vetorial de sistemas viários com jurisdição federal. Brasília: DNIT, 2015. Disponível em: <<https://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/F44y9NqJwWAHLqH>>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2019. Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilha-tecnologica/tecnologias/culturas/milho#:~:text=O%20estado%20de%20Mato%20Grosso,va%20ntajosa%20de%20cultivo%20neste%20%C3%A9poca.>>>

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, 2019. (FIESP). Informativo, 2019. Disponível em: < <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/> > Arquivo Dezembro 2019.

GAMEIRO, A. H.; **Índices de preço para o transporte de cargas: O caso da soja a granel**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base cartográfica vetorial contínua do Brasil ao milionésimo - BCIM. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.geoservicos.ibge.gov.br:80/geoserver/ows?SERVICE=WMS&>>.

KONISHI, F; COLAVITE, A. S. **A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade**, 2015. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.

LIMA *et al.*; **Estudo comparativo entre custos associados com a utilização de sistemas multimodais de transportes**. *Engevista*, V. 11, n. 2. p. 137-147, dezembro 2009

NEDER, V. **Com supersafra, Brasil se consolida como maior produtor mundial de soja**, 2020. Disponível em: < <https://www.terra.com.br/economia/com-supersafra-brasil-se-consolida-como-maior-produtor-mundial-de-soja,37ba5a049440217e22e8dfa57a2faec31fal7us0.html> >

PDZ. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento, Porto Organizado de Santos**, 2020. Disponível em: < http://www.portodesantos.com.br/wp_porto/wp-content/uploads/2020/06/pdzapresentacao.pdf >

PHE. Plano Hidroviário Estratégico, 2013. Disponível em: <http://infraestrutura.gov.br/images/TRANSPORTE_HIDROVIARIO/PHE/RELATORIO_PLANO_ESTRATEGICO.pdf>.

POPOV, Daniel. **Veja os 10 portos brasileiros que mais embarcaram soja em 2019**, 2019. Disponível em: < <https://www.canalrural.com.br/sites-e-especiais/projeto-soja-brasil/10-portos-que-mais-embarcaram-soja-2019/>>

REIS, M. de A. S.; **Metodologia para o Cálculo dos Custos Logísticos Associados ao Fluxo de Mercadorias**. Dissertação de Mestrado – FGV-EAESP, 2011.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrosio. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e a Logística Internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

SELEME, Robson et al.. **Alternatives for improving the Brazilian soybean logistics index based on the National Logistics and Transportation Plan (PNLT)**. CUSTOS E AGRONEGOCIO ONLINE, v. 13, n. 4, p. 190-210, 2017.

SISCOMEX. Sistema Integrado de Comércio Exterior, 2020. Disponível em: <<http://www.siscomex.gov.br/>>