



# 11º Seminário Internacional de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior

Brasília/DF, 22-24 de outubro de 2019

## Composição de custos de frete multimodais no Brasil – um estudo de caso da exportação da produção agrícola do Mato Grosso

Kelton Pimentel Guimarães, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/Brasil, [kelton.guimaraes@oceanica.ufrj.br](mailto:kelton.guimaraes@oceanica.ufrj.br)

Jean-David Caprace, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/Brasil, [jdcaprace@oceanica.ufrj.br](mailto:jdcaprace@oceanica.ufrj.br)

### Resumo

*With a large volume of public and private investments in recent years, Mato Grosso producers have been betting on the ports of Arco Norte to reduce transportation costs. There are few studies in the literature seeking to quantify this possible cost reduction and a smaller amount of work consider the influence of sea freighting and practice on the advantages obtained in domestic logistics. This paper analyzes the composition of transport costs for the main logistic corridors linking the four most important macroregions of agricultural production in Mato Grosso with the ports of Shanghai, China, and Hamburg, Germany. The results show that Arco Norte's ports can reduce domestic transportation costs to certain regions of the state by up to 46% and even with higher sea costs to China compared to southeastern ports, those ports located in the Barcarena (PA) region allow up to a 34% reduction in export costs to shanghai and up to 40% in export costs to Hamburg.*

### 1. Introdução

Historicamente o transporte de cargas inter-regionais no Brasil se baseia na ótica da construção de rodovias (WANKE, BARROS e FIGUEIREDO, 2014), que segundo o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil responde por cerca de 62% da matriz de transportes brasileira, enquanto que nos Estados Unidos, com dimensões territoriais semelhantes, as ferrovias representam 61% da matriz de transportes (MTPA, 2017).

Se bem dimensionado, o modal rodoviário permite alta capilaridade ao sistema de transporte e captação da carga diretamente na origem (STEADIESEIFI, NUIJTEN, *et al.*, 2014), mas por outro lado, seus custos crescem exponencialmente para distâncias superiores a 300 quilômetros (MEERS, MACHARIS, *et al.*, 2017), apresenta maior geração de custos de externalidades, como alto índice de consumo de energia (HUANG, AN, *et al.*, 2018) e taxas de emissão de gases do efeito estufa (AVETISYAN, 2018), além de gerar mais congestionamentos e deterioração da via (DEMIR, HUANG, *et al.*, 2015). Com o objetivo de reduzir custos de transporte, JANIC e VLEUGEL (2012) desenvolvem um modelo matemático para estimativa da redução dos custos de

externalidades a partir do uso de trens em substituição a caminhões no transporte de cargas no leste europeu. Segundo conclusões dos autores a redução poderia chegar a 30% e a economia com frete a 40%. Adicionalmente, MÁRQUEZ e CANTILLO (2013) desenvolvem um modelo para cálculo dos custos de transporte de cargas na Colômbia levando em consideração as externalidades, apontando para 0,014 US\$/t-km no modal rodoviário, 0,0016 US\$/t-km no modal ferroviário e 0,000105 US\$/t-km no modal hidroviário, salientando ainda que no transporte por rodovias os custos de externalidades representam 37% dos custos operacionais, percentual de 12% para ferrovias e de apenas 1% para hidrovias.

Por muitos anos a carga oriunda do Mato Grosso percorreu até 2.500 quilômetros de rodovias para chegar aos portos de exportação nas regiões Sul e Sudeste. Dado que o custo ainda é o fator mais relevante na escolha do modal a ser utilizado (NETO, REIS, *et al.*, 2015), produtores do Centro Oeste apostam na intermodalidade dos corredores rumo ao Arco Norte, região compreendida acima do paralelo 16, como alternativa logística mais eficiente. OLIVEIRA (2016) utiliza o método DEA

Tabela 1 - Matriz Origem x Destino

| Rota    | Origem             | Modal            | Transbordo              | Porto Exportador | Distância |       |       |       |
|---------|--------------------|------------------|-------------------------|------------------|-----------|-------|-------|-------|
|         |                    |                  |                         |                  | Rodo      | Hidro | Ferro | Total |
| Rota 1  | Alta Floresta      | Rodo-Hidro       | Itaituba                | Vila do Conde    | 911       | 1.130 | -     | 2.041 |
| Rota 2  | Alta Floresta      | Rodo             |                         | Santarém         | 1.212     | -     | -     | 1.212 |
| Rota 3  | Alta Floresta      | Rodo-Ferro       | Porto Nacional          | Itaqui           | 1.274     |       | 1.617 | 2.891 |
| Rota 4  | Alta Floresta      | Rodo-Ferro       | Rondonópolis            | Santos           | 1.008     | -     | 1.593 | 2.601 |
| Rota 5  | Primavera do Leste | Rodo             |                         | Santarém         | 1.997     | -     | -     | 1.997 |
| Rota 6  | Primavera do Leste | Rodo-Hidro       | Itaituba                | Vila do Conde    | 1.698     | 1.130 |       | 2.828 |
| Rota 7  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro       | Porto Nacional          | Itaqui           | 1.210     | -     | 1.617 | 2.827 |
| Rota 8  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro       | Rondonópolis            | Santos           | 129       | -     | 1.593 | 1.722 |
| Rota 9  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro-Hidro | São Simão / Pederneiras | Santos           | 717       | 640   | 467   | 1.824 |
| Rota 10 | Primavera do Leste | Rodo             |                         | Paranaguá        | 1.864     | -     | -     | 1.864 |
| Rota 11 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Porto Velho             | Itacoatiara      | 951       | 1.240 | -     | 2.191 |
| Rota 12 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Porto Velho             | Santarém         | 951       | 1.670 | -     | 2.621 |
| Rota 13 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Porto Velho             | Vila do Conde    | 951       | 2.540 | -     | 3.491 |
| Rota 14 | Sapezal            | Rodo-Ferro       | Rondonópolis            | Santos           | 724       | -     | 1.593 | 2.317 |
| Rota 15 | Sapezal            | Rodo             |                         | Paranaguá        | 2.312     | -     | -     | 2.312 |
| Rota 16 | Sorriso            | Rodo             |                         | Santarém         | 1.375     | -     | -     | 1.375 |
| Rota 17 | Sorriso            | Rodo-Hidro       | Itaituba                | Vila do Conde    | 1.080     | 1.130 | -     | 2.210 |
| Rota 18 | Sorriso            | Rodo-Ferro       | Porto Nacional          | Itaqui           | 1.383     | -     | 1.617 | 3.000 |
| Rota 19 | Sorriso            | Rodo-Ferro       | Rondonópolis            | Santos           | 614       | -     | 1.593 | 2.207 |
| Rota 20 | Sorriso            | Rodo             |                         | Paranaguá        | 2.202     | -     | -     | 2.202 |

(Data Envelopment Analysis) para medir a eficiência de rotas logísticas para exportação de milho do Mato Grosso, apontando o corredor logístico com sentido a Santarém/PA como mais eficiente. Também analisando as vantagens da intermodalidade para a matriz de transportes, (WIEGMANS e KONINGS, 2015) apresentam modelo para comparação custos do transporte hidroviário intermodal com transporte rodoviário. Em linhas gerais, os autores concluem que o transporte intermodal apresenta vantagens competitivas mas ressaltam a operacionalização de terminais como fator crítico à intermodalidade. (KUSSANO e BATALHA, 2012) ressaltam ainda que a operação de transbordos em sistemas intermodais, gera custos tanto pela operação em si quanto pela perda de carga. Por fim, (HANSEN, MATHISEN e JØRGENSEN, 2012) pontuam que maiores devem ser as distâncias de longo curso a medida que crescem os custos de terminais e trechos rodoviários em relação ao percurso total para garantir um transporte mais barato.

Em geral a soja brasileira, assim como a americana, é negociada em preço FOB (*free on board*) de acordo com a cotação na bolsa de valores norte americana (CBOT), ficando a logística entre fazenda e porto sob responsabilidade do embarcador (MEADE, PURICELLI, *et al.*, 2016). Sendo assim, pode-se dizer que o lucro do produtor depende diretamente dos custos do transporte interno, motivo pelo qual a maior parte da literatura acadêmica acerca dos custos da

logística da soja se limitam ao transporte doméstico. Vale salientar, entretanto, que embora os custos marítimos não tenham influência direta no lucro do produtor, impactam nos custos até o destino, e conseqüentemente, na competitividade em relação no mercado internacional. Considerando ainda as dimensões do território brasileiro, a localização do porto exerce influência ainda maior sobre os custos de transporte (LOPES, LIMA, *et al.*, 2017).

Desta forma, levando em consideração a inserção de novos corredores logísticos na matriz de transportes, o presente trabalho apresenta uma análise do potencial de redução de custos de transporte a partir da utilização dos portos do Arco Norte, levando em consideração o frete doméstico, custos de praticagem, rebocador e frete marítimo. O objetivo é quantificar as vantagens econômicas da utilização do arco norte e avaliar a influência dos custos marítimos sobre essas vantagens. Além disso, pretende-se apresentar ao longo do artigo considerações sobre a metodologia utilizada e fornecer ferramenta para estimativa dos custos de transporte da soja mato-grossense para exportação.

## 2. Corredores Logísticos

Os portos e regiões produtoras foram definidos levando em consideração sua relevância na exportação de grãos e por sua capacidade de captação de cargas do Mato Grosso (IMEA, 2017).

A matriz OD (origem x destino) elaborada e apresentada na Tabela 1 busca a comparação entre corredores intermodais existentes entre regiões produtoras e portos para exportação.

A Figura 1, a seguir ilustra os corredores logísticos a serem analisados a partir da matriz OD.

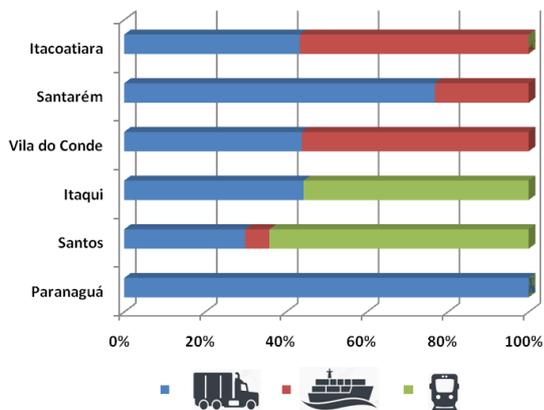


Figura 1 - Participação percentual média dos modais de transporte nos corredores logísticos

### 3. Custos de transporte

#### 3.1. Custos do transporte rodoviário

O frete é a quantia paga pelo uso ou locação total ou parcial de um meio de transporte. Em geral, decorre da soma dos custos para realização do serviço e do lucro, que por sua vez varia de forma elástica com limites máximos e mínimos definidos pelo mercado.

Diversos fatores econômicos ocorridos a partir de 2010 levaram ao drástico achatamento dos fretes rodoviários no Brasil, culminando na greve geral ocorrida em 2018. No intuito de encerrar a greve o governo federal criou a Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas, estabelecendo, via tabelamento, valores mínimos de frete por eixo e quilômetro rodado. Este tabelamento é hoje objeto de discussão na suprema corte brasileira acerca de sua legalidade.

(NTC, 2014) oferece metodologia para cálculo dos custos operacionais do transporte rodoviário de carga a partir do custeio variável e será utilizada como referência na composição dos custos fixos e variáveis. Adicionalmente, (CONAB, 2016) apresenta metodologia atualizada e fornece exemplo prático da aplicação da metodologia no transporte de grãos. Este método não é capaz de quantificar o lucro, dada sua elasticidade e dependência de outros fatores econômicos, mas ainda assim serve como ferramenta balizadora na discussão acerca de custos de transporte.

#### Depreciação do bem

Do ponto de vista da gerência dos custos a depreciação pode ser vista como uma reserva mensal a ser realizada visando a reposição do equipamento ao fim de sua vida útil, podendo ser calculada conforme Equação 1 a seguir:

$$\frac{VAC - VRC}{VU} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: VAC - Valor de aquisição da composição (trator + implemento);  
VRC - Valor residual da composição;  
VU - Vida útil (em meses);

Os valores de referência para o preço do veículo foram obtidos através de consulta à fabricantes e concessionárias. O tempo considerado para vida útil e valor residual foram considerados de acordo com normativo do ministério da fazenda.

#### Remuneração do Capital

A remuneração do capital diz respeito ao capital empatado, ou seja, os valores que a empresa de transporte receberia se o valor fosse investido de outras formas. De acordo com (ANTT, 2007), o percentual adotado é de 12%. A Equação 2 a seguir apresenta o cálculo da remuneração do capital.

$$\left\{ \frac{[2 + (VU - 1) * \left(\frac{VRC}{VAC} + 1\right)]}{24 * VU} \right\} * i * VAC \quad \text{Equação 2}$$

Onde: i - Taxa anual de juros bancários.

#### Salário do Motorista

A Equação 3 a seguir apresenta cálculo dos custos com salários e encargos sociais para pagamento do motorista. O salário médio de um motorista carreteiro foi obtido através de consulta ao site *Glassdoor* para o município de Rondonópolis (MT) em 04/07/2019.

$$\text{Salário base} * 1,9918 \quad \text{Equação 3}$$

#### Licenciamento veicular obrigatório

O licenciamento veicular obrigatório deve ser realizado anualmente e a metodologia de cálculo é apresentada na Equação 4. O percentual previsto a ser aplicado sobre o valor do veículo no ano corrente é determinado pela secretaria estadual de fazenda, sendo de 1% para o estado do Mato Grosso.

$$\frac{1\% * \sum_{i=1}^7 Vc}{VU} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:  $\sum_{i=1}^7 Vc$  - Valor da composição no ano 1 + valor da composição no ano 2 + ... + valor da composição com 7 anos;

### Seguro

A parcela referente ao seguro visa cobrir os custos mensais com seguro do trator e do implemento. O percentual a ser considerado para o trator é de 9% e para o implemento é de 7% (NTC, 2014). A metodologia para cálculo dos custos com seguro é apresentada na Equação 5, a seguir:

$$\left( \frac{7\% * \sum_{i=1}^7 Vt}{VU} \right) + \left( \frac{9\% * \sum_{i=1}^7 Vi}{VU} \right) \quad \text{Equação 5}$$

Onde:  $\sum_{i=1}^7 Vt$  - Valor do trator no ano 1 + valor do trator no ano 2 + ... + valor do trator com 7 anos;  
 $\sum_{i=1}^7 Vi$  - Valor do implemento no ano 1 + valor do implemento no ano 2 + ... + valor do implemento com 7 anos;

### Manutenção

A parcela do custo de manutenção é referente ao valor mensal a ser reservado visando cobrir os custos anuais com manutenções e revisões periódicas, calculados, conforme Equação 6, a partir de um percentual a ser aplicado sobre o valor total da composição. Após diversos contatos realizados com agentes do transporte rodoviário de cargas, optou-se pelo percentual de 3,5% do valor do equipamento sem pneus.

$$\frac{3,5\% * \sum_{i=1}^7 Vc}{\text{quilometragem entre revisões} * n^{\circ} \text{ de revisões}} \quad \text{Equação 6}$$

### Custos com pneus

A Equação 7 apresenta metodologia para cálculo do valor gasto com pneus por quilômetro rodado.

$$\frac{(CP + CRP) * NP}{VUP} \quad \text{Equação 7}$$

Onde: CP - Preço do pneu;  
 CRP - Custo de recauchutagem do pneu;  
 NP - Número de pneus.  
 VUP - Vida útil do pneu (em km);

### Custos com óleo

Este item visa cobrir os custos com óleo de motor e transmissão e deve ser estimado conforme Equação 8 a seguir:

$$\frac{COM * LRM}{VUM} + \frac{COT * LRT}{VUT} \quad \text{Equação 8}$$

Onde: COM - Preço do óleo de motor;  
 LRM - Capacidade do reservatório do óleo de motor (em litros);

VUM - Quilometragem entre trocas do óleo de motor (em quilômetros);  
 COT - Preço do óleo de transmissão;  
 LRT - Capacidade do reservatório do óleo de transmissão (em litros);  
 VUT - Quilometragem entre trocas do óleo de transmissão (em quilômetros).

### Lavagens e engraxamentos

Este item visa cobrir os custos com lavagens e engraxamentos da composição, calculados de acordo com Equação 9 e obtidos através de consultas à empresas e operadores autônomos do transporte rodoviário de cargas do Mato Grosso.

$$\frac{\text{Custo anual com lavagem e engraxamento}}{\text{Previsão de deslocamento anual}} \quad \text{Equação 9}$$

### Combustível

O item referente ao custo com combustível é o principal componente dos custos variáveis, ficando em torno de 30% do custo por quilômetro. Além do combustível, deve ser considerado ainda o custo com Arla 32, composto químico que deve ser adicionado ao óleo diesel para reduzir emissões de óxido de nitrogênio. A metodologia de cálculo é apresentada na Equação 10 e o valor do litro do óleo diesel foi obtido através de consulta ao Sistema de Levantamento de Preços (SLP) da Agência Nacional de Petróleo (ANP) para o estado do Mato Grosso no período entre 23 e 29 de junho de 2019.

$$\frac{COC}{Cons} + (Cons * 5\% * COA) \quad \text{Equação 10}$$

Onde: COC - Preço do combustível (R\$/l);  
 Cons - Consumo de combustível (Km/l);  
 COA - Preço do Arla 32 (R\$/l)

No intuito de diminuir os custos por tonelada veículos cada vez maiores são utilizados no transporte rodoviário de carga. Para maximizar a capacidade de carga sem passar por restrições de via e atendendo às resoluções 210/06 e 211/06 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), o veículo a ser utilizado será uma carreta de 3 eixos puxada por cavalo mecânico tipo 8x2 modelo Scania 0km, cujos valores de referência são apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Valores de referência para composição de custos do transporte rodoviário

| Item                         | Valores    |
|------------------------------|------------|
| Número de eixos              | 7          |
| Capacidade de carga útil (t) | 36         |
| Vida Útil (anos)             | 7          |
| Valor do Trator (R\$)        | 434.814,00 |
| Valor do Semi Reboque (R\$)  | 118.000,00 |

|   |              |
|---|--------------|
| Valor da composição (R\$)                   | 552.814,00   |
| Valor Residual do Trator (R\$)              | 43.481,40    |
| Valor Residual do Semi Reboque (R\$)        | 11.800,00    |
| Valor Residual da composição (R\$)          | 55.281,40    |
| Juros bancários ao ano (%)                  | 12,00%       |
| Salário Motorista (R\$)                     | 3.890,00     |
| Seguro Trator (%)                           | 7%           |
| Seguro Implemento (%)                       | 9%           |
| Quilometragem entre manutenções (km)        | 90.000,00    |
| Manutenções anuais (R\$)                    | 15.218,49    |
| Modelo Pneu                                 | 295/80 R22.5 |
| Preço do pneu e recapagem (R\$)             | 2.047,23     |
| Vida útil (Km)                              | 190.000      |
| Qtd Pneus (unid)                            | 26           |
| Preço Combustível (R\$/l)                   | 4,150        |
| Consumo combustível (Km/l)                  | 2,01         |
| Preço do Arla 32 (R\$/l)                    | 1,89         |
| Preço óleo de motor (R\$/l)                 | 45,00        |
| Capacidade reservatório (l)                 | 30,00        |
| Quilometragem entre trocas (Km)             | 60.000,00    |
| Preço óleo de Transmissão (R\$/l)           | 35,00        |
| Capacidade reservatório (l)                 | 15,00        |
| Quilometragem entre trocas (Km)             | 100.000,00   |
| Preço de lavagens e engraxamentos (R\$/ano) | 8.500,00     |

A produtividade mensal do veículo (PMM) varia em razão das horas mensais de operação e distância percorrida pelo veículo. Vale ressaltar ainda que conforme a Lei 12.619/2012, conhecida como Lei do Motorista, deve ser assegurado ao motorista um intervalo mínimo de 30 minutos a cada 4 horas de tempo ininterrupto de direção, 1 hora para refeição e descanso diário de pelo menos 11 horas diretas a cada 24 horas. A Equação 11 a seguir apresenta metodologia para cálculo da produtividade mensal do veículo. Excetuando-se a possibilidade de horas extras, a produtividade mensal do veículo a ser considerada será de 192 horas mensais.

$$\left( \frac{Hm}{Tc + Tvi + Td + Tvr} \right) * D_{Rota} \quad \text{Equação 11}$$

Onde: Hm - Horas operacionais por mês;  
Tc - Tempo de carregamento;  
Tvi - Tempo de viagem de ida;  
Td - Tempo de descarregamento;  
Tvr - Tempo de viagem de retorno.

Neste ponto cabe diferenciar custos fixos ( $C_F$ ), que independem da movimentação do veículo e são calculados em razão do mês contábil, dos custos variáveis ( $C_V$ ), que decorrem da distância e quantidade de carga transportada, ou seja, variam em razão do nível de serviço. Há de se considerar ainda custos com pedágio ( $C_P$ ), que conforme a Lei 10.209/2001 são de responsabilidade do proprietário da carga e devem ser estimados para cada rota analisada.

Por fim, o custo do transporte será calculado em unidade monetária gasta para transportar uma tonelada por um quilômetro (R\$/t-km), conforme Equação 12, permitindo assim a comparação entre diferentes modais.

$$C_{tku} = \frac{\left( \frac{CF}{PMM} \right) + \left( \frac{CP}{D_{Rota}} \right) + CV}{L} \quad \text{Equação 12}$$

Onde: PMM - Produtividade média mensal (em km);  
 $D_{Rota}$  - Percurso total da viagem redonda (em km);  
L - Capacidade de carga líquida do veículo

Os valores calculados são apresentados na Tabela 3, a seguir. Os resultados obtidos foram validados pelo simulador de custo de transportes rodoviário da EPL, apresentando erro médio inferior a 5%.

Tabela 3 - Custos de transporte do modal rodoviário

| Rota    | Origem             | Destino                 | Custo (R\$/t-km) |
|---------|--------------------|-------------------------|------------------|
| Rota 1  | Alta Floresta      | Itaituba                | 0,167            |
| Rota 2  | Alta Floresta      | Santarém                | 0,158            |
| Rota 3  | Alta Floresta      | Porto Nacional          | 0,155            |
| Rota 4  | Alta Floresta      | Rondonópolis            | 0,176            |
| Rota 5  | Primavera do Leste | Santarém                | 0,147            |
| Rota 6  | Primavera do Leste | Itaituba                | 0,155            |
| Rota 7  | Primavera do Leste | Porto Nacional          | 0,156            |
| Rota 8  | Primavera do Leste | Rondonópolis            | 0,268            |
| Rota 9  | Primavera do Leste | São Simão / Pederneiras | 0,187            |
| Rota 10 | Primavera do Leste | Paranaguá               | 0,172            |
| Rota 11 | Sapezal            | Porto Velho             | 0,166            |
| Rota 12 | Sapezal            | Porto Velho             | 0,166            |
| Rota 13 | Sapezal            | Porto Velho             | 0,166            |
| Rota 14 | Sapezal            | Rondonópolis            | 0,187            |
| Rota 15 | Sapezal            | Paranaguá               | 0,164            |
| Rota 16 | Sorriso            | Santarém                | 0,157            |
| Rota 17 | Sorriso            | Itaituba                | 0,163            |
| Rota 18 | Sorriso            | Porto Nacional          | 0,158            |
| Rota 19 | Sorriso            | Rondonópolis            | 0,202            |
| Rota 20 | Sorriso            | Paranaguá               | 0,167            |

### 3.2. Custos do Transporte Ferroviário

O transporte ferroviário no Brasil se deu a partir de 1854, com sua expansão realizada pela iniciativa privada e impulsionada principalmente pelo governo federal. Após anos de ineficiência operacional, a malha ferroviária brasileira foi estatizada em meados dos anos de 1950 sob responsabilidade das empresas públicas RFFSA (Rede Ferroviária Federal S/A.) e Fepasa (Ferrovias Paulistas S/A.). Entretanto, com a continuidade da ineficiência do setor e com a crise econômica

vivienciada pelo Estado brasileiro no fim dos anos de 1990, a malha ferroviária brasileira foi novamente privatizada. Atualmente o Brasil possui 29.291 quilômetros de ferrovias, que são divididos em 16 linhas e operadas por 7 concessionárias. Da extensão total, 7 mil estão em plena operação, 13,5 mil subutilizados e 8,5 mil inoperantes (EPL, 2018).

É comum em mercados que exigem grande economia de escala e que apresentam baixo custo marginal o surgimento do monopólio natural, que tende a elevar os custos ao usuário e maximizar o lucro do operador (DURÇO, 2011). Governos do mundo inteiro buscam diferentes formas de gestão da malha ferroviária nacional no intuito de impedir ou diminuir os impactos do monopólio natural, como a criação de agências reguladoras e estatização da malha. (WEGELIN e ARX, 2016) analisam os impactos que as diferentes formas de concessão exercem sobre os custos do transporte ferroviário, tomando como base o sistema alemão e suíço. Os autores concluem que o sistema de licitação concorrencial tende a reduzir os custos, desde que garantida paridade de informações entre agentes concorrentes. (NASH, SMITH, *et al.*, 2019) por sua vez, analisam, dentre outras opções, a possibilidade do governo construir e gerenciar a infraestrutura, deixando sua operação sob a responsabilidade de um operador que garanta o direito de circulação dos demais agentes. Os autores ressaltam, entretanto, que se o usuário não possuir material rodante, seus altos custos de aquisição continuam constituindo barreira para acesso ao modal. O Brasil adota um sistema misto, onde há concessão direta mas cabe à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) a responsabilidade de fixar limites máximos para o frete ferroviário, bem como as regras para compartilhamento da via. Os valores teto da ANTT apresentados a seguir na Tabela 4 também são utilizados como parâmetro pela agência em suas ferramentas de simulação tarifária.

Tabela 4 - Valores de referência para composição de custos do transporte ferroviário

| Concessionária     | Custo Fixo | Custo Variável | 0-400 (km) | 401-800 (km) | 801-1.600 (km) | >1600 (km) |
|--------------------|------------|----------------|------------|--------------|----------------|------------|
| EFC                | -          | -              | -          | -            | -              | -          |
| FNS                | 24,170     | 0,076          | -          | -            | -              | -          |
| ALLMP              | 32,790     | 0,123          | -          | -            | -              | -          |
| ALLMN <sup>1</sup> | 12,600     | -              | 0,120      | 0,100        | 0,090          | 0,053      |

<sup>1</sup> Por questões contratuais não detalhadas, o teto tarifário da concessionária Rumo Malha Norte (ALLMN) está suspenso, sendo utilizado valores disponíveis referentes a setembro de 2012 e atualizados pelo índice IGP-DI até julho de 2018.

| MRS | 6,080 | 0-300 | 301-600 | 601-900 | >901  |
|-----|-------|-------|---------|---------|-------|
|     |       | 0,135 | 0,125   | 0,115   | 0,105 |

Cabe ressaltar que os contratos de concessões vigentes foram elaborados no intuito de garantir o interesse da iniciativa privada e que os valores que serviram de parâmetro para tarifas baseavam-se nos custos das ineficientes empresas públicas, fato que elevou os valores limites adotados pela ANTT. A partir dos valores de referência apresentados na acima foram calculados os limites dos fretes ferroviários praticados no país, conforme apresentado na Tabela 5 - Tarifas limites adotadas pela ANTT abaixo. Após análise crítica dos dados percebe-se que os valores propostos equiparam-se aos custos do modal rodoviário, o que inviabilizaria o transporte ferroviário caso fossem realmente praticados.

Tabela 5 - Tarifas limites adotadas pela ANTT

|                         | ALLMN | ALLMP  | MRS   | FNS    | Custo (R\$/t-km) |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------|------------------|
| Rondonópolis x Santos   | 94,10 | 118,03 | 24,35 |        | 0,148            |
| Pederneira x Santos     |       | 69,91  | 24,35 |        | 0,202            |
| Porto Nacional x Itaquí |       |        |       | 146,74 | 0,091            |

A Empresa de Planejamento e Logística (EPL) permite consulta aos custos praticados no transporte ferroviário de cargas, elaborado com base em mais de 75.000 consultas, segundo informação do site. A partir da análise destes dados, pode-se deduzir a equação linear para cálculo dos custos de transporte no modal ferroviário conforme Equação 13 a seguir:

$$C_{t-km} = \frac{0,054x + 27,55}{x} \quad \text{Equação 13}$$

Onde: x - Distância entre origem e destino.

### 3.3. Custos do Transporte Hidroviário

O modal hidroviário apresenta os menores custos econômicos e ambientais para transportar grandes volumes de carga por médias e longas distâncias. Não há um padrão internacional para classificação dos custos do transporte aquaviário, (STOPFORD, 1997) propõe que estes sejam divididos em operacional, manutenção periódica, viagem, movimentação de carga e capital, tornando possível a identificação de indicadores para comparação do custo diário do navio no mercado internacional de frete. (NOVAES, 1976) pondera, entretanto, que há uma parcela considerável dos custos que decorrem da operação, mas independem deslocamento da embarcação, tornando necessário estimativa dos custos para situação navegando e em porto.

A metodologia a ser adotada deve considerar os custos fixos e variáveis de acordo com o tipo de embarcação, garantindo que o transporte seja realizado a partir de valores rentáveis (ENEZY, HASSEL, *et al.*, 2017). No intuito de analisar a viabilidade do transporte de passageiros na área urbana de São Paulo, (TEODORO, WEISS e MENDES, 2013) propõe adaptações à metodologia proposta por NOVAES (*op cit.* 1976) e ressaltam a influência da distância sobre os custos de transporte, concluindo que o modal torna-se inviável para distâncias inferiores a 200 quilômetros. Vale citar ainda o relatório da Empresa de Planejamento e Logística (EPL) acerca de estudo dos custos hidroviários no Brasil, que busca fornecer ferramentas de simulação para elaboração de modelo de custos (EPL, 2014).

### C.1 - Custo com salários da tripulação

O número de tripulantes embarcados é definido pela norma da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação interior (DPC, 2005) e varia de acordo com a arqueação bruta do comboio e potência do empurrador. Além dos salários, deverão ser considerados ainda os encargos sociais incidentes sobre folha de pagamento, conforme Equação 14 a seguir:

$$\Sigma S_T * f_S * \frac{12}{A_o} \quad \text{Equação 14}$$

Onde:  $\Sigma S_T$  - Somatória de salários da tripulação;  
 $f_S$  - Índice para cálculo de tributos e obrigações sociais incorridos na folha de pagamento;  
 $A_o$  - Ano operacional.

### C.2 - Custo com alimentação

Neste item serão considerados os gastos diários com alimentação da tripulação. O custo médio diário de alimentação pode ser calculado conforme Equação 15. Os valores foram obtidos através de consulta à empresas de navegação da região norte.

$$P_A * N_T * \frac{365}{A_o} \quad \text{Equação 15}$$

Onde:  $P_A$  - Custo diário com alimentação (por pessoa e por dia);  
 $N_T$  - Número de tripulantes;

### C.3 - Custo com combustível navegando

O tipo de combustível e consumo variam de acordo com o motor instalado, que por sua vez varia com o porte do comboio e pode ser calculado conforme

Equação 16. Será considerado MGO para motores principais instalados nos comboios operantes no rio Madeira e IFO para os comboios operantes no rio Tapajós. O consumo médio dos MCPs foi obtido através de consulta à empresas de navegação da região norte e está disposto na Tabela 6. Já o preço do combustível foi obtido em consulta ao site *shipandbunker*, tomando como referência os preços disponíveis para o porto de Santos (SP) entre janeiro e julho de 2019 (SHIP&BUNKER, 2019).

$$24 * \alpha_{MCP} * P_{MCP} \quad \text{Equação 16}$$

Onde:  $\alpha_{MCP}$  - Consumo específico do MCP (l/h);  
 $P_{MCP}$  - Preço por litro de combustível utilizado no MCP (R\$/l);

Vale salientar que em janeiro de 2020 passa a vigorar a resolução nº 789/2019, na qual a ANP reduz para 0,5% os limites máximos do teor de enxofre nos combustíveis marítimos comercializados no Brasil em atendimento às normas da IMO. Embora não haja previsão oficial de aumento dos custos de combustíveis, conversas informais indicam que o aumento pode chegar a 40%. Deste modo, na sessão de resultados serão analisados os impactos deste aumento nos custos de transporte.

### C.4 - Custo com combustível durante a estadia no porto

Serão considerados equipamentos acionados por linha de eixo durante a navegação e MDO em porto. O custo com combustível pode ser estimado conforme Equação 17 e os preços dos combustíveis foram obtidos em consulta ao site *shipandbunker*, tomando como referência os preços disponíveis para o porto de Santos (SP) entre janeiro e julho de 2019 (SHIP&BUNKER, 2019). O Custo para alimentar geradores durante estadia em porto será calculado conforme apresentado a seguir:

$$24 * \alpha_{MCA} * P_{MCA} \quad \text{Equação 17}$$

Onde:  $\alpha_{MCA}$  - Consumo específico do MCA (l/h);  
 $P_{MCA}$  - Preço por litro de combustível utilizado no MCA (R\$/l);

### C.5 - Custo com lubrificante navegando

O custo com lubrificantes é estimado conforme Equação 18, considerando uma porcentagem sobre o custo com combustível navegando. O consumo médio de lubrificantes adotado como foi de 0,0004 l/(hora\*Hp), conforme (EPL, 2014).

$$24 * \alpha_{lub} * P_{lub} \quad \text{Equação 18}$$

Onde:  $\alpha_{lub}$  - Consumo específico de lubrificante (l/h);  
 $P_{lub}$  - Preço do lubrificante (R\$/l).

### C.6 - Custo com lubrificante durante estadia no porto

O custo com lubrificantes em porto é estimado a partir de uma porcentagem sobre o custo com combustível em porto. O consumo maior deve-se a operação da máquina em marcha lenta, onde apresenta maior ineficiência operacional. O consumo médio de lubrificantes adotado como foi de 0,0008 l/(hora\*Hp), conforme (EPL, 2014), e a metodologia para estimativa é apresentada na Equação 19 a seguir:.

$$ic * C4 * P_{lub} \quad \text{Equação 19}$$

Onde:  $ic$  - Índice de consumo de lubrificantes;  
 $C4$  - Custo com combustível em porto  
 $P_{lub}$  - Preço do lubrificante.

### C.7 - Materiais de bordo

Neste item serão consideradas as despesas com materiais gerais utilizados durante a operação do comboio. A estimativa se dá a partir da Equação 20 e se baseia em consulta à armadores locais.

$$\frac{C_m}{Ao} \quad \text{Equação 20}$$

Onde:  $C_m$  - Custo anual com materiais de bordo;

### C.8 - Custo de manutenção e reparos

A estimativa dos custos diários com manutenção e reparos pode ser feita através da Equação 21. Neste trabalho será considerado percentual de 3% para empurrador e 1% para balsas (EPL, 2014).

$$f_{MRe} \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ne}}{VU} + N_b f_{MRb} \frac{\sum_{i=1}^n P_{Nb}}{VU} \quad \text{Equação 21}$$

Onde:  $f_{MRe}$  - Porcentagem sobre o valor de capital do empurrador para efeito de manutenção;  
 $\sum_{i=1}^n P_{Ne}$  - Somatória do preço do empurrador no ano 1 + Preço do empurrador no ano 2 + ... + Valor residual do empurrador no ano n;  
 $N_b$  - Número de barcasas no comboio  
 $f_{MRb}$  - Porcentagem sobre o valor de capital da barcaça para efeito de manutenção;  
 $\sum_{i=1}^n P_{Nb}$  - Somatória do preço da

barcaça no ano 1 + Preço da barcaça no ano 2 + ... + Valor residual da barcaça no ano n;  
 $VU$  - Vida útil (em anos).

### C.9 - Custo de seguro

Este item visa cobrir os custos com seguro e pode ser calculado a partir da Equação 22. O relatório da EPL recomenda que o prêmio a ser considerado seja de 1,5% (percentual semelhante ao verificado junto aos armadores).

$$f_{MR} \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ne}}{VU} + N_b \frac{\sum_{i=1}^n P_{Nb}}{VU} \quad \text{Equação 22}$$

Onde:  $f_{MR}$  - Porcentagem sobre o valor de capital do comboio para efeito de seguros;

### C.11 - Custo de Capital e Amortização do investimento

Este item refere-se aos custos oportunidade do capital investido e amortização do investimento. Considerando aquisição do bem a vista, prazo de amortização de 20 anos e valor residual nulo, o custo de capital pode ser calculado conforme Equação 23 a seguir:

$$\left[ P_N - \frac{P_R}{(1+i)^n} \right] * \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n} - 1 \right] \quad \text{Equação 23}$$

Onde:  $P_N$  - Valor do comboio novo;  
 $P_R$  - Valor residual do comboio;  
 $i$  - Taxa anual de juros (4,5%);  
 $n$  - prazo de amortização

De acordo com a política de financiamento à Marinha Mercante do BNDES, o armador pode financiar até 90% do empreendimento a taxas de juros anuais entre 2 e 4,5% com prazo de amortização de até 20 anos. Desta forma, considerando uma taxa de desconto de 10% ao ano, o custo capital, juros e amortização a valor presente pode ser calculado através da Equação 24, conforme a seguir:

$$\left( \left( \frac{P_N}{n} + P_N * i \right) * \left( \frac{1}{(1+i)^n} \right) \right) \quad \text{Equação 24}$$

Vale salientar que o comboio padrão autorizado a navegar pelo Tapajós é o chamado 3x3, composto por 1 empurrador e 9 balsas, somando até 210 metros de comprimento e 33 metros de boca (largura) (CPAOR, 2013). Entretanto, a partir de autorização especial da autoridade marítima e com empurrador auxiliar, é possível a operação de comboio com até 344 metros de comprimento e 55 metros de boca, na formação 5x5 (CPAOR,

2017). A seguir, na Tabela 6, são apresentados os valores de referência para o transporte hidroviário.

Tabela 6 - Valores de referência para composição de custos do transporte hidroviário<sup>2</sup>

| Item                             | Comboio Madeira | Comboio Tapajós | Comboio Tietê-Paraná |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Número de empurraadores          | 1               | 2               | 1                    |
| Número de Balsas                 | 20              | 25              | 4                    |
| Capacidade da Balsa (t)          | 2.200           | 2.200           | 1.100                |
| Valor do empurrador novo (R\$)   | 5.000.000,00    | 7.500.000,00    | 3.350.000,00         |
| Valor da balsa nova (R\$)        | 2.500.000,00    | 2.500.000,00    | 720.000,00           |
| Valor do comboio novo (R\$)      | 55.000.000,00   | 77.500.000,00   | 6.230.000,00         |
| Valor residual empurrador (R\$)  | -               | -               | -                    |
| Valor residual balsas (R\$)      | -               | -               | -                    |
| Valor Residual Comboio (R\$)     | -               | -               | -                    |
| Vida Útil (anos)                 | 20              | 20              | 20                   |
| i (%)                            | 12,00%          | 12,00%          | 12,00%               |
| Potência total Instalada (hp)    | 3.550           | 7.000           | 900                  |
| Custo Combustível MCP (R\$/l)    | 3,17            | 1,51            | 3,76                 |
| Custo Combustível MCAs (R\$/l)   | 3,76            | 3,76            | 3,76                 |
| Custo Lubrificante (R\$/l)       | 15,00           | 15,00           | 15,00                |
| Cons. MCP (l/h)                  | 570             | 615             | 280                  |
| Cons. MCAs (l/h)                 | 26              | 26              | 25                   |
| Cons. Lubrificante Nav.eg. (l/h) | 1,4             | 2,8             | 0,4                  |
| Cons. Lubrificante Porto (l/h)   | 2,8             | 5,6             | 0,7                  |
| Seguro do comboio (%)            | 2%              | 2%              | 2%                   |
| Manutenção Empurrador (%)        | 3%              | 3%              | 3%                   |
| Manutenção Balsa (%)             | 1%              | 1%              | 1%                   |
| Número de Tripulantes            | 11              | 17              | 8                    |
| Salário Tripulação (R\$)         | 45.610,00       | 62.920,00       | 23.570,00            |
| Alimentação diária (R\$/dia)     | 35,00           | 35,00           | 35,00                |
| Material de bordo (conj/ano)     | 600.000,00      | 600.000,00      | 150.000,00           |

Desta forma, o custo diário navegando e em porto serão definidos pelas Equação 25 e Equação 26, respectivamente:

$$C_N = \left( \sum_{j=1}^{11} C_j \right) - C_6 - C_4 \quad \text{Equação 25}$$

Onde:  $C_N$  - Custo diário navegando;

$$C_P = \left( \sum_{j=1}^{11} C_j \right) - C_5 - C_3 \quad \text{Equação 26}$$

Onde:  $C_P$  - Custo diário durante estadia no porto;

Por fim, para uma determinada rota de distância (d) a ser percorrida a uma velocidade (V), considerando a capacidade total do comboio (w) e um fator de utilização ( $\phi$ ), o custo médio por tonelada-milha será definido pela divisão do custo total (CT) pela produção média (Q), conforme Equação 27 a seguir:

$$C_{tkm} = \frac{C_T}{Q} = \frac{C_M * \left( \frac{d}{24V} \right) + C_P T_P}{d * \phi * W} \quad \text{Equação 27}$$

Onde:  $T_P$  - Tempo em porto (calculado a partir da média da produtividade operacional das principais instalações portuárias de origem e transbordo).

Tabela 7 - Custos de transporte do modal hidroviário

| Origem      | Destino       | Custo (R\$/t-km) |
|-------------|---------------|------------------|
| Itaituba    | Vila do Conde | 0,011            |
| São Simão   | Pederneiras   | 0,060            |
| Porto Velho | Itacoatiara   | 0,011            |
| Porto Velho | Santarém      | 0,011            |
| Porto Velho | Vila do Conde | 0,010            |

### 3.4. Custos Portuários

A Lei 12.815/13 trata da exploração direta ou indireta dos portos e instalações portuárias, define o porto como um bem público construído com o objetivo de dar suporte à navegação no transporte de cargas e passageiros (BRASIL, 2013). A mesma lei trata ainda dos Terminais de Uso Privado (TUP), que são empreendimentos construídos e operados pela iniciativa privada fora da área do porto organizado e que não integram o patrimônio público. Estes terminais constituem importante ferramenta do poder público para atrair investimentos para o setor portuário, através de outorgas do poder executivo através da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ).

Um dos principais custos portuários refere-se as tarifas portuárias, que podem ser definidas como contrapartida financeira paga à autoridade portuária pelo uso da infraestrutura e prestação de serviços na área do porto organizado, devendo ser elaborada pela administração do porto e aprovada pela ANTAQ. No que tange as tarifas praticadas nos TUPs, vale citar que estas são de caráter privado e negociadas diretamente entre terminais e usuários.

Com a criação dos TUPs a concorrência portuária passou a ocorrer a nível de interporto, quando mais de um porto compete pela carga de uma mesma área de origem; a nível de intraporto, quando mais de um terminal de um mesmo porto competem entre si pela captação de cargas de uma mesma origem; e intraterminal, situação ara que ocorre quando mais de um operador atua no mesmo terminal (BRITTO, LUCAS, *et al.*, 2015). Pode-se inferir, portanto, que os custos portuários têm influência extremamente limitada na escolha do porto a ser utilizado, uma vez que na ocorrência de custos mais altos para determinado terminal público ou privado, pode-se optar por outro

<sup>2</sup> Sempre que necessária para conversão entre moedas, a cotação utilizada para o dólar será de R\$ 3,85, conforme média entre janeiro e julho de 2019 do Banco Central.

terminal, público ou privado, dentro ou fora da área do porto organizado em questão.

Além das tarifas portuárias, custos de desembarço aduaneiro; taxas, impostos; e *demurrage*, que é a indenização paga ao transportador pela sobreestadia do navio no porto também são exemplos de custos diretos.

No âmbito dos custos indiretos, pode-se citar a contratação dos serviços de agenciamento marítimo, atracação, praticagem e rebocadores, variando de acordo com capacidade, eficiência e infraestrutura instalada no terminal.

Dentre os custos portuários, a praticagem, que é a assessoria obrigatória ao comandante da embarcação para garantir acesso seguro ao porto, é o mais impactante. No Brasil este serviço é regulamentado pela Normam 12, da Diretoria de Portos e Costas, e pela Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário, Lei 9.357/97, sendo exercido em regime de rodízio por profissionais habilitados e organizados em associações detentoras do monopólio em suas zonas de praticagem (ESTEVEZ, 2016). A contratação do serviço se dá a partir de tabela elaborada pela associação e mantida em caráter de sigilo, repassada somente às agências marítimas e possíveis clientes. O segundo maior custo, segundo agentes marítimos, refere-se a contratação de rebocadores portuários para dar suporte à manobra de acesso ao porto, serviço que é negociado diretamente com prestadores do serviço ou por meio dos agentes. A Tabela 8 a seguir apresenta os custos de praticagem e reboque obtidos junto a agentes marítimos atuantes nos portos de interesse do trabalho. Os custos de praticagem obtidos para determinadas faixas de carregamento e serviços de rebocadores foram convertidas em custo por tonelada de acordo com a consignação média por navio praticada no porto em questão.

Tabela 8 - Custos de praticagem e reboque

| Tabela                     | Custo <sup>3</sup><br>(R\$/t) |
|----------------------------|-------------------------------|
| Paranaguá                  | 3,83                          |
| Santos                     | 4,76                          |
| Itaquí                     | 3,77                          |
| Vila do Conde <sup>4</sup> | 4,17                          |

<sup>3</sup> Os custos de praticagem não foram obtidos para o porto de Santarém, sendo adotado metade da diferença entre Vila do Conde e Itacoatiara somado aos custos de praticagem para Vila do Conde. O custo para contratação de rebocadores praticados em Itaquí serviu de referência para os portos de Santos e Paranaguá.

<sup>4</sup> O porto denominado "Vila do Conde", na verdade, refere-se a média dos valores para acesso ao TUP Vila do Conde, TERFRON e TGPM, em Barcarena (PA).

|             |       |
|-------------|-------|
| Santarém    | 8,39  |
| Itacoatiara | 14,18 |

Em uma negociação real, deve-se levar em consideração o prêmio de exportação, que é a diferença entre o preço FOB e a cotação na CBOT, levando em consideração a origem e destino da soja, câmbio, frete marítimo e eficiência portuária, servindo como mecanismo de ajuste entre o preço pago ao produtor e o preço praticado no mercado internacional. Dada a sazonalidade e dificuldade de se estimar estes valores, o prêmio não será considerado neste trabalho.

### 3.5. Frete Marítimo

Do total das exportações brasileiras de soja em 2015, 75,3% teve como destino a China e outros 10,3% a Europa, sendo os portos de Shanghai e Hamburgo as principais portas de entrada para estes mercados (SALIN, 2016). Como dito anteriormente, dadas as dimensões territoriais do Brasil, a localização do porto exerce grande influência na distância marítima até o país importador e conseqüentemente sobre o frete marítimo. Por outro lado, vale salientar a importância de outros fatores como produtividade portuária, tempos de espera para acesso ao porto, *demurrage* e custos de praticagem e reboque, que podem afetar diretamente os ganhos econômicos obtidos no transporte doméstico a partir de rotas mais eficientes.

Em geral o frete marítimo internacional de graneis é negociado com base na Bolsa do Báltico (*Baltic Exchange*) através de quatro principais arranjos contratuais: *voyage charter* (afretamento por viagem), *time charter* (afretamento por período) ou *contract of affreightment* (afretamento por volume ou tonelagem), tendo como principal diferença, a responsabilidade sobre os custos do navio.

A sazonalidade é uma característica constante do mercado de *commodities*, de forma que os transportadores que atendem este mercado não apresentam linhas regulares e se adaptam constantemente às mudanças de demanda e preço. Estes sistemas precisam ser rápidos, precisos e confiáveis mesmo com incerteza de demanda. Neste sentido, o modal marítimo de transporte utiliza instrumentos que buscam proteger a capacidade de transporte da volatilidade dos preços, como os chamados contratos de derivativos, que são contratos cujos preços dependem, ou derivam, de preços de outros ativos (TSAI, REGAN e SAPHORES, 2009).

Dada a complexidade de se estimar o frete marítimo e a necessidade de encontrar valores aproximados que levem em consideração as diferentes variáveis apresentadas nos diferentes portos brasileiros, optou-se por utilizar valores de fretes publicados por (SALIN, 2018)<sup>5</sup>. A Tabela 9 a seguir apresenta as distâncias marítimas, tempos de viagem e valores de frete marítimo entre os portos exportadores e importadores.

Tabela 9 - Valores de referência para o transporte marítimo

| Origem        | Destino  | Distância Marítima (km) | Tempo (dias) | Frete Marítimo (R\$/t) |
|---------------|----------|-------------------------|--------------|------------------------|
| Itacoatiara   | Shangai  | 12.880                  | 38,04        | 89,01                  |
|               | Hamburgo | 5.283                   | 15,17        | 69,18                  |
| Santarém      | Shangai  | 12.305                  | 37,80        | 89,01                  |
|               | Hamburgo | 4.750                   | 14,18        | 69,18                  |
| Vila do Conde | Shangai  | 11.905                  | 35,60        | 89,01                  |
|               | Hamburgo | 4.510                   | 13,60        | 60,15                  |
| Itaquí        | Shangai  | 11.708                  | 34,20        | 85,57                  |
|               | Hamburgo | 4.361                   | 13,00        | 58,47                  |
| Santos        | Shangai  | 11.056                  | 32,22        | 77,81                  |
|               | Hamburgo | 5.683                   | 16,22        | 70,92                  |
| Paranaguá     | Shangai  | 11.111                  | 33,02        | 82,15                  |
|               | Hamburgo | 5.805                   | 17,07        | 73,82                  |

#### 4. Resultados e Discussões

A Tabela 10 a seguir apresenta os custos totais do transporte doméstico, onde nota-se que os corredores logísticos rodo-hidroviários com destino a Vila do Conde (PA) permitem redução dos custos do transporte em até 46% para a região de Alta Floresta (MT) e 26% para região de Sorriso quando comparados ao corredor rodo-ferroviário com destino a Santos (SP). Já para a região de Sapezal (MT), o corredor rodo-hidroviário com destino a Itacoatiara (AM) permite redução dos custos de transporte doméstico em até 35% em relação ao corredor rodo-ferroviário com destino a Santos (SP). O porto de Santos apresenta-se como opção economicamente mais viável para a região de Primavera do Leste (MT), onde o corredor rodo-hidroviário com destino a Vila do Conde (PA) pode aumentar os custos de transporte em até 70%.

Tabela 10 - Custos totais do transporte doméstico (R\$/t)

| Rota   | Origem        | Modal      | Porto Exportador | Dist. (km) | Custo Domést. (R\$/t) |
|--------|---------------|------------|------------------|------------|-----------------------|
| Rota 1 | Alta Floresta | Rodo-Hidro | Vila do Conde    | 2.041      | 164,57                |
| Rota 2 | Alta Floresta | Rodo       | Santarém         | 1.212      | 191,50                |
| Rota 3 | Alta Floresta | Rodo-Ferro | Itaquí           | 2.891      | 313,89                |
| Rota 4 | Alta Floresta | Rodo-Ferro | Santos           | 2.601      | 306,44                |

<sup>5</sup> Não foram obtidos os valores de frete marítimo para Itacoatiara (AM), tomando-se como referência os valores referentes a Santarém (PA).

|         |                    |                  |               |       |        |
|---------|--------------------|------------------|---------------|-------|--------|
| Rota 5  | Primavera do Leste | Rodo             | Santarém      | 1.997 | 293,56 |
| Rota 6  | Primavera do Leste | Rodo-Hidro       | Vila do Conde | 2.828 | 275,62 |
| Rota 7  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro       | Itaquí        | 2.827 | 305,18 |
| Rota 8  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro       | Santos        | 1.722 | 163,61 |
| Rota 9  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro-Hidro | Santos        | 1.824 | 232,72 |
| Rota 10 | Primavera do Leste | Rodo             | Paranaguá     | 1.864 | 320,61 |
| Rota 11 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Itacoatiara   | 2.191 | 171,51 |
| Rota 12 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Santarém      | 2.621 | 176,24 |
| Rota 13 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Vila do Conde | 3.491 | 183,27 |
| Rota 14 | Sapezal            | Rodo-Ferro       | Santos        | 2.317 | 264,42 |
| Rota 15 | Sapezal            | Rodo             | Paranaguá     | 2.312 | 379,17 |
| Rota 16 | Sorriso            | Rodo             | Santarém      | 1.375 | 215,88 |
| Rota 17 | Sorriso            | Rodo-Hidro       | Vila do Conde | 2.210 | 188,47 |
| Rota 18 | Sorriso            | Rodo-Ferro       | Itaquí        | 3.000 | 334,94 |
| Rota 19 | Sorriso            | Rodo-Ferro       | Santos        | 2.207 | 253,06 |
| Rota 20 | Sorriso            | Rodo             | Paranaguá     | 2.202 | 367,73 |

Com exceção da região de Primavera do Leste (MT), todas as regiões do Mato Grosso apresentam vantagens econômicas no escoamento da produção através de portos do arco norte, com redução média dos custos em torno de 31% para as regiões de Alta Floresta, Sapezal e Sorriso.

Também foi analisado no custo do transporte doméstico a possibilidade de aumento de 40% no custo do óleo combustível. Os resultados indicam que o aumento deste custo significa um crescimento de quase 25% nos custos em navegação, resultando em aumento de 14% nos custos por tonelada-quilômetro. Entretanto, levando em consideração que o custo por tonelada-quilômetro praticado no modal hidroviário é muito inferior aos demais modais, o aumento total médio nos custos do transporte domésticos é de 0,6%.

Se por um lado portos fluviais tendem a diminuir as distâncias do transporte doméstico, por outro podem aumentar custos marítimos através da praticagem e maior tempo de viagem.

No que se refere as distâncias marítimas com destino a Shangai, na China, percebe-se a partir da Tabela 9 que a utilização dos portos Vila do Conde (PA) e Itaquí (MA) geram aumento da distância a ser percorrida em relação ao porto de Santos (SP) em torno de 8% e 6%, respectivamente. Já sob a ótica do custo marítimo, após a incidência dos custos de praticagem e reboque, os custos podem aumentar em torno de 13% e 8%, respectivamente. Por outro lado, se o destino for Hamburgo, na Alemanha, as distâncias marítimas a serem percorridas a partir dos portos de Vila do Conde (PA) e Itaquí (MA) podem ser até 21% e 23%, respectivamente, menores em relação ao porto de Santos (SP). Sob a ótica dos custos marítimos, a economia pode chegar a 15% para Vila do Conde (PA) e 18% para Itaquí. O porto de

Itacoatiara (AM) por outro lado, onde os custos de praticagem podem ser em torno de 200% maiores se comparados a Santos (SP), o custo do transporte marítimo pode ser até 25% maior se o destino for Shanghai e 10% maior se o destino for Hamburgo. A Tabela 11 a seguir apresenta os custos totais de transporte considerando custos domésticos e marítimos, permitindo assim, uma análise da influência dos custos marítimos sobre as vantagens econômicas de corredores logísticos mais eficientes.

Tabela 11 - Custos totais de transporte entre Brasil e país importador (R\$/t)

| Rota    | Origem             | Modal            | Porto Exportador | Destino  | Custo Total (R\$/t) |
|---------|--------------------|------------------|------------------|----------|---------------------|
| Rota 1  | Alta Floresta      | Rodo-Hidro       | Vila do Conde    | Shangai  | 257,75              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 228,89              |
| Rota 2  | Alta Floresta      | Rodo             | Santarém         | Shangai  | 288,90              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 269,07              |
| Rota 3  | Alta Floresta      | Rodo-Ferro       | Itaqui           | Shangai  | 403,23              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 376,13              |
| Rota 4  | Alta Floresta      | Rodo-Ferro       | Santos           | Shangai  | 389,01              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 382,12              |
| Rota 5  | Primavera do Leste | Rodo             | Santarém         | Shangai  | 390,96              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 371,13              |
| Rota 6  | Primavera do Leste | Rodo-Hidro       | Vila do Conde    | Shangai  | 368,80              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 339,94              |
| Rota 7  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro       | Itaqui           | Shangai  | 394,52              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 367,42              |
| Rota 8  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro       | Santos           | Shangai  | 246,18              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 239,29              |
| Rota 9  | Primavera do Leste | Rodo-Ferro-Hidro | Santos           | Shangai  | 315,29              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 308,40              |
| Rota 10 | Primavera do Leste | Rodo             | Paranaguá        | Shangai  | 402,25              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 395,36              |
| Rota 11 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Itacoatiara      | Shangai  | 274,70              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 254,87              |
| Rota 12 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Santarém         | Shangai  | 273,64              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 253,81              |
| Rota 13 | Sapezal            | Rodo-Hidro       | Vila do Conde    | Shangai  | 276,45              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 247,59              |
| Rota 14 | Sapezal            | Rodo-Ferro       | Santos           | Shangai  | 346,99              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 340,10              |
| Rota 15 | Sapezal            | Rodo             | Paranaguá        | Shangai  | 465,15              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 456,82              |
| Rota 16 | Sorriso            | Rodo             | Santarém         | Shangai  | 313,28              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 293,45              |
| Rota 17 | Sorriso            | Rodo-Hidro       | Vila do Conde    | Shangai  | 281,65              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 252,79              |
| Rota 18 | Sorriso            | Rodo-Ferro       | Itaqui           | Shangai  | 424,28              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 397,18              |
| Rota 19 | Sorriso            | Rodo-Ferro       | Santos           | Shangai  | 335,63              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 328,74              |
| Rota 20 | Sorriso            | Rodo             | Paranaguá        | Shangai  | 453,71              |
|         |                    |                  |                  | Hamburgo | 445,38              |

Percebe-se que mesmo com destino a Shanghai, destino em que o porto de Vila do Conde gera aumento dos custos marítimos, o corredor ainda se apresenta como mais eficiente para as regiões de Alta Floresta e Sorriso, embora as vantagens econômicas sejam reduzidas em média 11%. Redução semelhante é encontrada no corredor entre Sapezal e Itacoatiara, onde a redução é de aproximadamente 14%. O corredor de origem em Primavera do Leste rumo a Santos, por sua vez, não apresenta variações significativas após incidência dos custos marítimos. Quando o destino das exportações é Hamburgo, por outro lado, Vila do Conde apresenta redução das vantagens em torno de 4% após incidência dos custos marítimos para exportações das regiões de Alta Floresta e Sorriso. As exportações da produção da região de Primavera do Leste, por sua vez, apresenta redução das vantagens econômicas obtidas na logística interna por volta de 7%. Na região de Alta Floresta os custos marítimos influem a ponto de alterar o corredor economicamente mais viável. Nota-se que após a incidência dos custos marítimos o porto de Itacoatiara torna-se menos vantajoso que os portos de Santarém e Vila do Conde, com redução de custos podendo ser até 2% maiores a partir de Vila do Conde.

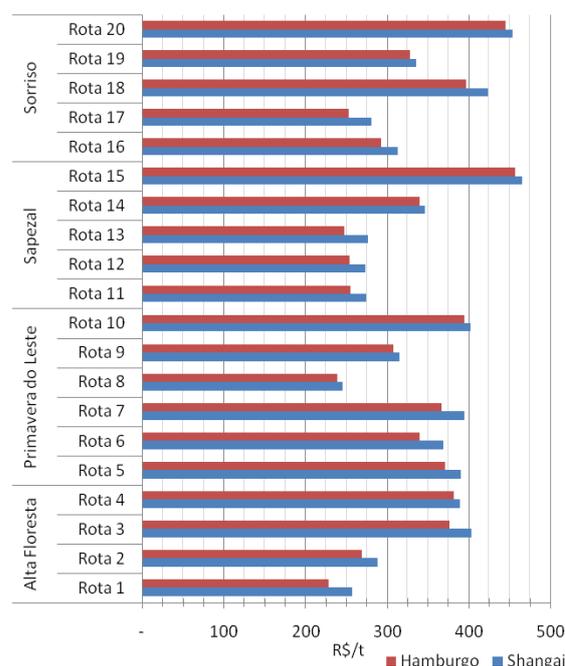


Figura 2 - Comparação gráfica dos custos de transporte entre região produtor e mercado importador

## 5. Conclusões

O presente trabalho analisou a matriz de transportes disponível para escoamento da soja do Mato Grosso para exportação e, a partir de composição dos custos de transporte doméstico e marítimo, quantificou a possibilidade de redução

dos custos a partir da utilização de portos do arco norte.

Pode-se concluir que para as regiões de Alta Floresta, Sorriso e Sapezal, o arco norte permite redução média de 31% dos custos do transporte doméstico. Ainda no âmbito dos custos domésticos, pode-se confirmar ainda as vantagens econômicas da redução da participação do modal rodoviário no corredor logístico através do menor custo apresentado pelo corredor rodo-ferroviário com destino a Santos, para cargas oriundas de Primavera do Leste. Nota-se ainda que o extenso trecho rodoviário até o terminal de Porto Nacional, somado aos altos valores praticados no modal ferroviário, diminuem as vantagens econômicas do porto do Itaquí para todas as regiões do Mato Grosso.

Percebe-se também que para cargas com destino na Europa, os custos marítimos tendem a aumentar as vantagens competitivas obtidas na logística interna com a utilização de corredores logísticos rumo aos portos localizados na região de Vila do Conde em relação aos demais portos brasileiros. Para cargas com destino a China, nota-se que mesmo com maiores distâncias entre Vila do Conde e Shanghai, a redução de custos obtida na logística doméstica mantém o porto de Vila do Conde economicamente mais viável que os demais portos brasileiros. Percebe-se ainda a partir dos resultados obtidos a influência negativa dos altos custos da praticagem brasileira, tornando o porto de Itacoatiara economicamente menos viável em relação a Vila do Conde para cargas oriundas de Sapezal, e Santarém tornando-se economicamente menos viável em relação a Itaquí para cargas oriundas de Primavera do Leste.

Para trabalhos futuros, recomenda-se analisar a influência dos custos de transbordo na logística doméstica e do prêmio de exportação sobre os custos marítimos.

## 6. Referências Bibliográficas

ANTT. Sistema semi-urbano interestadual de passageiros: manual de cálculo tarifário. **Agência de Transportes Terrestres**, Brasília, p. 64, Mar 2007.

AVETISYAN, M. Impacts of global carbon pricing on international trade, modal choice and emissions from international transport. **Energy Economics**, Lubbock, TX, 23 Oct 2018. 532-548. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.10.020>.

BRASIL. Lei 12.815, de 05 de junho de 2013. **Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de**

**portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários**, Brasília, DF, 05 Jun 2013.

BRITTO, P. A. P. et al. Promoção da concorrência no setor portuário: uma análise a partir dos modelos mundiais e aplicação ao caso brasileiro. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, RJ, fev 2015. 47-71. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-76121690>.

CONAB. Manual de Cálculo de Custo Operacional Rodoviário de Carga. **Norma da Companhia Nacional de Abastecimento - Gelog**, Brasília/DF, Set 2016.

CPAOR. Portaria n° 20-70/CPAOR. **Normas e procedimentos para a Capitania dos Portos da Amazônia Oriental**, Belém/PA, 29 Nov 2013. 6.

CPAOR. Portaria n° 33/CPAOR. **Normas e procedimentos para a Capitania dos Portos da Amazônia Oriental**, Belém/PA, 17 Abr 2017. 2.

DEMIR, E. et al. A selected review on the negative externalities of the freight transportation: Modeling and pricing. **Transportation Research Part E**, Eindhoven, NL, 21 Mar 2015. 95-114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2015.02.020>.

DPC. NORMAM-02/DPC. **Norma da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação interior da Diretoria de Portos e Costas da Marinha do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

DURÇO, F. F. A regulação do setor ferroviário brasileiro: monopólio natural, concorrência e risco moral. **Dissertação de mestrado apresentado à Escola de Economia de São Paulo (MPFE)**, São Paulo, 2011. 111.

ENEZY, O. A. et al. Developing a cost calculation model for inland navigation. **Research in Transportation Business & Management**, Antuérpia, 21 Feb 2017. 64-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.02.006>.

EPL. **Estudo dos custos do transporte hidroviário no Brasil: Elaboração de ferramenta de simulação - Resultados da fase II**. Empresa de Planejamento e Logística. [S.l.], p. 83. 2014.

EPL. **Relatório para consulta pública: Plano Nacional de Logística**. Empresa de Planejamento e Logística S.A. Brasília, DF, p. 105. 2018.

ESTEVEZ, L. A. Regulação e segurança na atividade de praticagem no Brasil: Uma análise econômica. **Revista de Defesa da Concorrência**, Brasília, DF, I, n. 1, Mai 2016. 5-20.

HANSSEN, T.-E. S.; MATHISEN, T. A.; JØRGENSEN, F. Generalized transport costs in intermodal freight

transport. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Bodø, NO, 2012. 189-200. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.738.

HUANG, S. et al. Terrestrial transport modalities in China concerning monetary, energy and environmental costs. **Energy Policy**, Pequim, CHN, 24 Jul 2018. 129-141. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.047>.

IMEA. **Mapa das macrorregiões do IMEA**. Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária. Cuiabá, p. 8. 2017.

JANIC, M.; VLEUGEL, J. Estimating potential reductions in externalities from rail-road substitution in Trans-European freight transport corridors. **Transportation Research Part D**, p. 154-160, 2012. ISSN 1361-9209. <http://doi.org/10.1016/j.trd.2011.09.015>.

KUSSANO, M. R.; BATALHA, O. M. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grãos do Mato Grosso para o mercado externo. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, p. 12, 30 mai 2012. ISSN 0104-530X. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300013>.

LOPES, H. D. S. et al. 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**, Itajuba, v. 25, p. 66-75, Setembro 2017. ISSN 2210-5395. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.09.002>.

MÁRQUEZ, L.; CANTILLO, V. Evaluating strategic freight transport corridors including external costs. **Transportation Planning and Technology**, Barranquilla, v. 36, n. 6, p. 529-546, Abril 2013. ISSN 1029-0354. <http://dx.doi.org/10.1080/03081060.2013.830892>.

MEADE, B. et al. Corn and soybean production costs and export competitiveness in Argentina, Brazil and the United States. **EIB-154, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service**, Jun 2016. 1-52.

MEERS, D. et al. Modal choice preferences in short-distances hinterland container transport. **Research in Transportation Business & Management**, Bruxelas, BE, 27 Feb 2017. 46-53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.02.011>.

MTPA. **Corredores Logísticos Estratégicos: Complexo de Soja e Milho**. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Brasília. 2017.

NASH, C. et al. How to liberalise rail passenger services? Lessons from European experience.

**Transport Policy**, Leeds, 79, 07 Apr 2019. 11-20. <http://doi.org/10.1016/j.transpol.2019.03.011>.

NETO, M. S. D. O. et al. Evaluation of selection criteria for transportation and models for the discharge of Brazilian soy safra. **Revista Produção e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 01, p. 14-30, abr 2015. ISSN 2446-9580. <http://doi.org/10.32358/rpd.2015.v1.57>.

NOVAES, A. G. **Economia e tecnologia de transporte marítimo**. Edição 02307. ed. Rio de Janeiro: Almeida Neves, 1976. 159 p.

NTC. Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas. **Associação Nacional do Transporte de Carga e Logística - Decope**, São Paulo, SP, 2014. 80. Revisado em 18/10/2001.

OLIVEIRA, A. L. R. Evaluating the logistics performance of Brazil's corn exports: A proposal of indicators. **African Journal of agricultural research**, Campinas, v. 11, n. 8, p. 693-700, Fevereiro 2016. ISSN 1991-637X. DOI: 10.5897/AJAR2015.10653.

SALIN, D. L. **Soybean Transportation Guide: Brazil 2015**. Relatório (Relatório anual Agricultural Marketing Service) - USDA. Washington D.C., p. 73. 2016.

SALIN, D. L. **Soybean Transportation Guide: Brazil 2017**. Relatório (Relatório anual Agricultural Marketing Service) - USDA. Washington D.C., p. 84. 2018. <http://dx.doi.org/10.9752/TS048.09-2018>.

SHIP&BUNKER. Santos Bunker Prices. **Ship and Bunker**, 2019. Disponível em: <<https://shipandbunker.com/prices/am/samatl/br-sz-santos>>. Acesso em: 08 Jul 2019.

STEADIESEIFI, M. et al. Multimodal freight transportation planning: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 1, p. 1-15, 2014.

STOPFORD, M. **Maritime Economics**. Second Edition. ed. New York, EUA: Taylor & Francis e-Library, 1997. 562 p. ISBN 0-203-75090-X.

TEODORO, C. R. D. O.; WEISS, J. M. G.; MENDES, M. A. P. G. Análise da estrutura de custos do transporte hidroviário. **8º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior**, Jaú, 27 Ago 2013.

TSAI, M.-T.; REGAN, A. C.; SAPHORES, D. Freight Transportation Derivatives Contracts: State of the Art and Future Developments. **Transportation Journal**, Irvine, CA, v. 48, n. 4, p. 7-19, Aug 2009. ISSN 0041-1612. [www.jstor.org/stable/25702539](http://www.jstor.org/stable/25702539).

WANKE, P.; BARROS, C. P.; FIGUEIREDO, O. Measuring efficiency improvement in brazilian trucking: A distance friction minimization approach with fixed factors. **Measurement**, Rio de Janeiro, BR, 28 Apr 2014. 166-177. <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2014.04.013>.

WEGELIN, P.; ARX, W. V. The impact of alternative governance forms of regional public rail transport on transaction costs. Case evidence from Germany and Switzerland. **Research in Transportation Economics**, Lucerna, Nov 2016. 133-142. <http://dx.doi.org/10.106/j.retrec.2016.06.004>.

WIEGMANS, B.; KONINGS, R. Intermodal inland waterway transport: Modelling conditions influencing its cost competitiveness. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, Delft, NL, 26 Jun 2015. 279-294. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2015.06.006>.