

HENRIQUE DORIZZOTTO CASTELLANI

IMPACTOS DOS NOVOS INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA NA LOGÍSTICA  
DE EXPORTAÇÃO DA SOJA BRASILEIRA

São Paulo

2013



HENRIQUE DORIZZOTTO CASTELLANI

IMPACTOS DOS NOVOS INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA NA LOGÍSTICA  
DE EXPORTAÇÃO DA SOJA BRASILEIRA

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Diploma de Engenheiro de  
Produção.

Orientador: Prof. Dr. João Amato Neto

São Paulo

2013

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Castellani, Henrique Dorizzotto**

**Impactos dos novos investimentos em infraestrutura na logística de exportação da soja brasileira / H.D. Castellani. -- São Paulo, 2013.**

**99 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1.Logística 2.Previsão de demanda 3.Soja I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.**

Aos meus grandes ídolos: Bel e Moita



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço especialmente:

Aos meus pais, Mauro e Izabel, pelo imenso carinho e dedicação que sempre tiveram comigo. Não existem palavras para expressar minha gratidão por tudo que vocês são na minha vida. Somente nós sabemos o valor que tem essa conquista.

Agradeço também a todos os familiares que sempre me apoiaram, principalmente ao meu irmão Felipe, pelo companheirismo mostrado em todas as situações.

Aos amigos que fiz na Escola Politécnica. Principalmente aos integrantes do CAEP, Amigos de República, e Amigos de Intercâmbio.

Agradeço também à Cris e ao Osni, pela forma com que me receberam desde o primeiro dia de Poli e pela amizade que firmamos a partir de então.

Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos de Firma pelos conselhos e oportunidades oferecidas.

Por fim, agradeço também aos professores da Escola Politécnica, em especial ao meu orientador João Amato Neto.



A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios.

Por isso, viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.

(Charles Chaplin)



## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar e mensurar os impactos de novos investimentos em infraestrutura de transportes na logística de exportação da soja brasileira.

Para este fim, o autor desenvolveu um modelo integrado de previsão das exportações de soja para a próxima década, alocando o volume previsto entre os principais complexos portuários do país, a partir de análises de custos logísticos das rotas de escoamento.

Na elaboração do estudo foram consideradas as obras mais relevantes dentro da carteira de investimentos do Governo Federal, que tem buscado, por meio de programas de investimento público e incentivos ao setor privado, desenvolver em amplitude e qualidade a malha de transportes multimodal.

O trabalho conclui que a criação de novas rotas de escoamento analisadas faz com que o custo médio de exportação da soja em grão brasileira seja reduzido em 4%. As principais regiões beneficiadas por estas obras localizam-se no Estado do Mato Grosso e apresentaram redução média de 13%, motivadas principalmente pelas obras de pavimentação da BR-163 e dragagem e sinalização da hidrovia do rio Araguaia.

Palavras-chave: Logística. Previsão de demanda. Soja.



## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to analyze and quantify the benefits of new transport infrastructure works for the competitiveness of the Brazilian soybean in the global market.

To achieve this objective, the author developed an integrated model to forecast soybean exports in Brazil in the next decade and to allocate soybean flows to the main port complexes in the country, based on logistic costs analysis.

The most relevant investments within the current Federal Government portfolio were taken into account. These works, either funded entirely by the Government or through public-private partnerships, are being developed with the purpose of increasing the range and the quality of the current transport networks.

The author concludes that the creation of the export corridors derived from the new infrastructure works reduces the average total logistic costs to export soybeans in 4%. The regions most benefited are located in the state of Mato Grosso, with an average decrease of 13% in total logistic costs, caused mainly by the paving of the BR-163 highway and the improvements (dredging and signaling works) of the Araguaia river waterway.

**Key words:** Logistics. Demand Forecast. Soybean.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Expansão geográfica da soja no Brasil .....	32
Figura 2: Malha rodoviária nacional e principais rodovias utilizadas no escoamento da soja	43
Figura 3: Malha ferroviária nacional e principais ferrovias utilizadas no escoamento da soja	44
Figura 4: Malha hidroviária nacional e principais hidrovias utilizadas no escoamento da soja .....	45
Figura 5: Malha de transportes utilizada atualmente para o escoamento da soja e projeção da malha futura .....	50
Figura 6: Rotas de escoamento utilizadas pela região Sul. ....	67
Figura 7: Rotas de escoamento utilizadas pela região Centro Oeste. ....	69
Figura 8: Rotas de escoamento utilizadas pela região do MAPITOBA. ....	70
Figura 9: Novas rotas de escoamento projetadas para o escoamento da região Centro Oeste.	73
Figura 10: Novas rotas de escoamento projetadas para o escoamento da região Norte/Nordeste (MAPITOBA). ....	74



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Participação dos custos logísticos no transporte da soja.....	26
Tabela 2: Atributos determinantes na operação logística .....	28
Tabela 3: Evolução das exportações de soja em grão brasileira e do PIB da China.....	55
Tabela 4: Análise de variância da regressão para intervalo de confiança de 95 .....	58
Tabela 5: Projeção das exportações de soja por mesorregião .....	60
Tabela 6: Previsão das exportações de soja em grãos por centróide .....	61
Tabela 7: Portos que exportaram soja em grão em 2012 .....	62
Tabela 8: Porte dos navios que acessam os portos analisados (DWT) .....	63
Tabela 9: Portos utilizados para exportação da soja em grão por UF em 2011 .....	65
Tabela 10: Custo do frete marítimo para os portos analisados .....	80
Tabela 11: Custos de transporte para as rotas analisadas - cenário atual (2011).....	83
Tabela 12: Custos de transporte para as rotas analisadas - cenário futuro (2023).....	85
Tabela 13: Reduções no custo médio ponderado de exportação .....	87
Tabela 14: Comparação entre os custos médios ponderados de exportação de soja em grão .	88
Tabela 15: Estimativas das exportações de soja em grão pelos portos analisados .....	93



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução da área plantada, produção e produtividade da cultura da soja no Brasil e CAGR.....	33
Gráfico 2: Evolução da participação das UFs e regiões do país na produção nacional de soja.....	34
Gráfico 3: Exportações do complexo soja por tipo de produto.....	36
Gráfico 4: Evolução das exportações de soja em grão.....	37
Gráfico 5: Matriz de transportes utilizadas no escoamento da soja.....	38
Gráfico 6: Exportação de soja em grão por porto.....	39
Gráfico 7: Investimentos em infraestrutura como percentagem do PIB.....	40
Gráfico 8: Ranking de competitividade Global.....	41
Gráfico 9: Comparação da matriz de transportes entre países.....	41
Gráfico 10: Previsão da matriz de transportes brasileira.....	46
Gráfico 11: Curva ABC da produção de soja por mesorregião em 2011.....	52
Gráfico 12: Correlação entre o PIB da China e as exportações de soja em grão brasileira.....	56
Gráfico 13: Correlação entre os resíduos e a variável independente (PIB da China).....	57
Gráfico 14: Distribuição dos resíduos.....	57
Gráfico 15: Comparação entre diferentes fontes das previsões das exportações de soja em grão brasileira.....	59
Gráfico 16: Curva de frete rodoviário.....	76
Gráfico 17: Curva de frete ferroviário.....	77
Gráfico 18: Curva de frete hidroviário.....	78



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Dinâmica do agronegócio da soja.....	35
Quadro 2: Análise dos diferentes modais .....	42
Quadro 3: Principais obras de infraestrutura que prometem viabilizar o uso de novas rotas de escoamento.....	48
Quadro 4: Localização das principais obras de infraestrutura que prometem viabilizar o uso de novas rotas de escoamento.....	48
Quadro 5: Mesorregiões e seus respectivos municípios centróides.....	53
Quadro 6: Localização das mesorregiões que serão analisadas.....	54
Quadro 7: Portos com potencial para escoamento de soja em grão.....	63
Quadro 8: Região de Influência dos portos da região Sul.....	89
Quadro 9: Regiões de influência dos portos de Santos e Vitória.....	90
Quadro 10: Regiões de influência dos portos do Nordeste.....	91
Quadro 11: Regiões de influência dos portos da região Norte .....	92



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ALL</b>	América Latina Logística
<b>CONAB</b>	Companhia Nacional de Abastecimento
<b>DWT</b>	<i>Dead Weight Tonnage</i>
<b>EFVM</b>	Estrada de Ferro Vitória Minas
<b>FIOL</b>	Ferrovias de Integração Oeste-Leste
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>MDIC</b>	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
<b>Mt</b>	Milhão de toneladas
<b>NCM</b>	Nomenclatura Comum do Mercosul
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>SECEX</b>	Secretaria de Comércio Exterior
<b>USDA</b>	<i>United States Department of Agriculture</i>



## SUMÁRIO

1	Introdução .....	15
1.2	Motivação do Trabalho .....	16
1.3	Relevância do Trabalho.....	17
1.4	Estrutura do Trabalho.....	17
2	Definição do problema.....	19
3	Revisão bibliográfica .....	21
3.1	Previsão de demanda.....	21
3.1.1	Modelos de previsão .....	21
3.1.2	Regressão linear .....	22
3.2	Custos logísticos.....	25
3.3	Região de influência dos portos .....	27
4	Metodologia .....	29
5	Contextualização.....	31
5.1	Desenvolvimento do agronegócio da soja.....	31
5.1.1	Cadeia de produção da soja.....	35
5.2	Logística do Agronegócio .....	37
5.3	O setor de transportes .....	39
5.3.1	Cenário atual .....	40
5.3.2	Perspectiva futura.....	46
6	Análise da logística atual e futura de escoamento da soja em grão .....	51
6.1.1	Identificação das principais regiões produtoras .....	51
6.1.2	Projeção de Demanda.....	54
6.1.3	Projeção das exportações por mesorregião .....	59

6.1.4	Identificação dos principais portos .....	62
6.2	Corredores de Exportação.....	64
6.2.1	Cenário atual.....	64
6.2.2	Cenário futuro (2023) .....	71
6.3	Custos totais de transportes.....	75
6.3.1	Definição dos parâmetros .....	75
6.3.2	Custo total do transporte.....	81
6.4	Escolha das rotas.....	82
7	Apresentação dos Resultados .....	83
8	Conclusão .....	102
9	Referências Bibliográficas.....	105



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Barat (2008), os governos brasileiros têm tratado os diferentes elementos da logística de transportes de forma fragmentada e sem uma visão adequada de longo prazo. A insistência em uma visão isolada dos diversos modais de transporte seria uma das causas, em última análise, das dificuldades de transporte da produção nacional, problema tratado neste estudo.

Diante deste cenário, de acordo com Martins e Caixeta Filho (1999), os custos de escoamento das safras têm sido um entrave para o Brasil converter em maior competitividade as vantagens comparativas da produção. Buscando soluções para os entraves, o Governo Federal tem, ao longo dos últimos anos, promovido uma série de programas de investimentos e incentivos ao investimento privado em infraestrutura, visando o desenvolvimento da malha de transportes e a redução do “Custo Brasil”.

Segundo Aroeira (2013) espera-se que essas iniciativas provoquem grandes alterações na malha logística nacional, viabilizando novas rotas para escoamento da produção agrícola e reduzindo os custos logísticos das exportações. De acordo com essa tendência, projeta-se que o país viverá nos próximos anos um período de reordenamento da malha logística e, por consequência, das rotas de escoamento da produção.

O presente estudo insere-se nesse contexto de mudanças no setor logístico. Explorando conceitos ligados à **logística de transportes** e à **previsão de demanda**, desenvolve e aplica um modelo integrado de previsão de exportação de soja na próxima década, e de alocação desta demanda aos principais complexos portuários do país com base em custos logísticos.

O desenvolvimento de novas obras de infraestrutura de transportes, e as novas rotas que elas proporcionarão, deverão propiciar reduções nos custos logísticos de exportação da soja, como se demonstrará neste estudo.

## 1.2 Motivação do Trabalho

A motivação para elaboração deste Trabalho de Formatura surgiu do trabalho de estágio realizado pelo autor ao longo do ano de 2013 em uma consultoria estratégica, que tem como foco a atuação no setor de transportes, com ênfase na elaboração de projetos para o setor portuário.

Dentre os projetos desenvolvidos pela empresa constam, principalmente:

- Estudos de viabilidade técnica e econômica;
- Valoração de empresas do setor de infraestrutura;
- Modelagem financeira de terminais portuários;
- Análise de tendências no setor de infraestrutura;
- Estratégias comerciais no setor de logística integrada; e
- Elaboração de estudos em parceria com entidades governamentais no setor de infraestrutura.

No período de estágio as principais atividades desenvolvidas pelo autor foram análises estatísticas de dados, previsões de demanda, estudos de setores do agronegócio brasileiro, projetos conceituais de terminais portuários, e o desenvolvimento de mapas e planilhas eletrônicas para suporte às análises de custos de transporte.

Um projeto que motivou, em particular, a elaboração deste Trabalho, visava a identificação oportunidades de investimento no setor portuário, focado no escoamento de grãos destinados ao mercado asiático. O cliente pretendia mensurar como os investimentos anunciados recentemente pelos programas do Governo Federal poderiam alterar a dinâmica logística do país e as regiões de influência dos portos, e a partir disso identificar quais seriam as melhores oportunidades para desenvolvimento de um novo negócio num porto específico no Sul do Brasil. A função específica do autor no referido projeto foi o desenvolvimento de uma ferramenta eletrônica para estimar os custos de transporte da soja dos centros produtores até o ativo portuário em questão.

O desenvolvimento desse projeto em conjunto com as outras atividades realizadas na consultoria motivaram a realização de um trabalho que integrasse os principais conceitos vistos pelo autor ao longo dos últimos meses, bem como tivesse um grau de relevância nacional, maior do que o interesse de uma determinada empresa. Nesse contexto foi proposto este Trabalho de Formatura.

### 1.3 Relevância do Trabalho

O tema central tratado neste Trabalho – os impactos positivos de obras de infraestrutura de transportes sobre um dos mais relevantes setores da economia nacional – tem estado no centro das atenções do poder público, de setores da iniciativa privada, e da mídia em geral.

A falta de investimentos em infraestrutura de transportes é apontada por muitos como uma das principais causas do baixo ritmo de crescimento da economia brasileira.

Assim, ao estimar quantitativamente os impactos de grandes obras de infraestrutura de transportes, ainda que para apenas um dos produtos delas dependente, o autor fornece subsídios para que o poder público avalie o real impacto dessas obras em termos de ganhos para a economia nacional.

Cabe ressaltar, especificamente, a relevância desse Trabalho no âmbito da Engenharia de Produção. Sendo a área da engenharia que melhor endereça os fenômenos que afetam a eficiência das cadeias produtivas, incluindo as operações de transporte que ocorrem ao longo dessas cadeias, os engenheiros de produção deveriam desenvolver a habilidade de estimar os benefícios com a redução dos custos de transporte. Ainda que em escala macro, é esta habilidade que o autor buscou desenvolver neste Trabalho.

### 1.4 Estrutura do Trabalho

O Trabalho foi organizado com a estrutura descrita a seguir.

No Capítulo 2 é feita a definição do problema que será resolvido pelo presente Trabalho.

No Capítulo 3 é realizada a revisão bibliográfica dos métodos e conceitos teóricos que nortearão o desenvolvimento das análises a serem realizadas.

No Capítulo 4 apresenta-se a metodologia adotada para realização do trabalho.

No Capítulo 5 realiza-se a contextualização do projeto. Nesta seção são descritas as características da cadeia produtiva da soja, bem como, elabora-se um panorama geral da situação atual e das perspectivas futuras para o setor de transportes brasileiro.

No Capítulo 6 é apresentada a análise realizada para resolução do problema. Neste capítulo são identificadas as principais regiões produtoras do país e determinados os municípios e portos que formarão as origens e destinos das rotas de escoamento a serem analisadas. Além disso, são caracterizados os corredores logísticos de escoamento e determinados os custos logísticos de transporte.

Por fim, no Capítulo 7 são apresentados os principais resultados obtidos no estudo.

Após a análise dos principais resultados conclui-se o trabalho no Capítulo 8, em que também são descritas possíveis maneiras de continuidade e aprimoramento do tema abordado.

## **2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

Atualmente, como detalhado no capítulo 5, a produção brasileira da soja é penalizada por custos de transporte significativamente mais elevados do que os incorridos pelos seus concorrentes no mercado mundial. Em contrapartida, o Governo Federal tem promovido investimentos em obras de infraestrutura de transportes visando minimizar essas discrepâncias.

O Problema que este Trabalho busca resolver é revelar quantitativamente os impactos reais desses investimentos para a cadeia produtiva da soja, mais especificamente para as exportações da soja em grão.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo desse capítulo é descrever os principais conceitos e métodos relacionados ao escopo desse Trabalho sob a ótica de diferentes autores, criando referências para o seu desenvolvimento.

#### 3.1 Previsão de demanda

A previsão de demanda é um método, aplicável em diferentes modelos, para estimar a demanda futura baseada em dados pregressos (séries históricas), ou em relações conhecidas de causa e efeito que explicam essa demanda. Sua aplicação é um dos pilares deste Trabalho.

##### 3.1.1 Modelos de previsão

Os modelos de previsão dividem-se em dois tipos:

- **Métodos Qualitativos:** Santoro (2009) nomeia-os como métodos de Predição, utilizados nos casos em que o futuro não guarda relação clara com o passado e não pode ser determinado com base no mesmo.
- **Métodos Quantitativos:** Hyndman, Makridakis e Wheelwright (1998) definem estes métodos como sendo aqueles em que existem informações quantitativas suficientes à disposição e dividem-nos em dois grupos – séries temporais e séries causais.
  - **Modelos de séries temporais:** para Castro (2009), os modelos de séries temporais assumem que o comportamento futuro de uma dada variável será ditada pelo comportamento pretérito da mesma.
  - **Modelos de séries causais ou explicativas:** ainda segundo o mesmo autor, os modelos de séries causais são os que buscam entender como algumas variáveis correlacionam-se entre si e posteriormente utilizam esse comportamento para prever os resultados futuros.

Para Montgomery e Runger (2002) existem diferentes técnicas para a previsão de modelos de séries causais, entretanto, a ferramenta mais utilizada nesses casos é a análise de regressão.

A seguir será apresentado o método supracitado, uma vez que este será empregado para projeção das exportações de soja em grãos elaborada no capítulo 6.

### 3.1.2 Regressão linear

De acordo com Ishii (2005), os métodos de regressão linear estão dentro do grupo dos chamados métodos de previsão explicativos, uma vez que relacionam a variável dependente com as outras variáveis independentes.

Para Montgomery e Runger (2002), utiliza-se a Regressão Linear Simples nos caso em que se pretende prever o comportamento de uma determinada variável independente Y, relacionando-a a uma variável dependente X, por meio do desenvolvimento de um modelo matemático que relacione Y e X.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a Regressão Linear Múltipla pode ser utilizada nos casos em que o comportamento da variável Y pode ser explicada por mais de uma variável dependente, X1, X2, ..., Xn, e que também pode ser representado por um modelo matemático que relacione Y, X1, X2...Xn..

#### Regressão Linear Simples

A Regressão Linear Simples é uma das maneiras de relacionar uma variável dependente Y com uma variável independente X, fazendo com que a correlação entre as variáveis possa ser explicada pela equação:

$$Y = \alpha + \beta x - \epsilon$$

onde  $\alpha$  é uma constante,  $\beta$  se refere à inclinação da reta e  $\epsilon$  é o erro da previsão.

Os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  são determinados de modo que a reta encontrada se ajuste da melhor maneira ao conjunto de dados considerados. Segundo Ishii (2005), para essa determinação pode-se utilizar o método dos mínimos quadrados, que consiste em encontrar os

valores de  $\alpha$  e  $\beta$  de maneira que a soma dos erros, diferença entre os valores reais e os previstos, elevados ao quadrado seja mínima.

Encontrada a equação da regressão, deve-se observar os dados da amostra e eliminar a presença de *outliers*<sup>1</sup>, de forma a não afetar os resultados. Após a remoção dos *outliers* é dada sequência no processo de validação da regressão.

De acordo com Hyndman, Makridakis e Wheelwright (1998) considera-se que a equação de regressão é adequada para os dados em questão, quando não houver relação entre o resíduo e a variável X; isso acontece quando num gráfico o conjunto de pontos dos resíduos está distribuído aleatoriamente em relação ao valor zero, não apresentando nenhum tipo de tendência ou comportamento cíclico.

Concluídas essas etapas, deve-se então validar o resultado obtido. Segundo Montgomery e Runger (2002), muitos problemas de engenharia envolvem a exploração de relações entre duas ou mais variáveis, e, para medição de como se dá esse relacionamento entre elas, devem ser utilizados métodos e indicadores que tenham capacidade de validar a adequação da regressão obtida. As técnicas mais utilizadas são os testes estatísticos (teste t e análise de variância) e o uso do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### **Coeficiente de Determinação**

De acordo com Montgomery e Runger (2002), apesar da visualização gráfica de um conjunto de dados (X,Y) já apresentar algum tipo de indício da existência, ou não, de correlação, é necessário que se quantifique esse grau de associação para que se possa confirmar, ou negar, a existência da mesma.

Para averiguar se a correlação obtida para prever Y é adequada, pode-se utilizar o coeficiente de determinação  $R^2$ , que varia entre 0 e 1. A equação que determina  $R^2$  é dada por:

$$R^2 = \frac{\sum_i^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_i^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

---

<sup>1</sup> Ouliers são pontos da regressão que apresentam grandes resíduos e estão posicionados muito longe dos demais pontos. Esses são os dados que por algum motivo não se ajustam a equação de regressão obtida.

Onde o numerador representa a soma dos erros quadrados da previsão e o denominador representa a soma dos quadrados da regressão.

De acordo com Montgomery e Runger (2002) valores de  $R^2$  maiores que 0,8 apresentam bons níveis de correlação.

Por outro lado o autor destaca que não se pode considerar apenas o valor de  $R^2$  para avaliar se uma correlação entre variáveis é explicativa ou não, uma vez que se pode alterar o valor de  $R^2$  significativamente com a simples adição de um ou mais conjuntos de dados (X,Y).

Desta forma é de grande relevância a utilização de um teste estatístico para validação da regressão obtida. A seguir será mostrado o exemplo do teste estatístico conhecido como análise de variância. Neste estudo não será demonstrado o teste estatístico t, uma vez que seus resultados são equivalentes aos obtidos na realização da análise de variância.

### **Análise de Variância**

A análise de variância é um dos testes estatísticos que permite testar a significância de uma dada regressão. As hipóteses que se pretende testar são:

$$H_0 : \beta = 0$$

$$H_1 : \beta \neq 0$$

A hipótese  $H_0$  é de que o coeficiente da reta da regressão obtida é igual a zero, isto é, que a reta de regressão encontrada não é adequada para prever os valores de Y. Se  $H_0$  for refutada pode-se inferir que a regressão é adequada para a previsão do valor de Y.

A equação que resume o teste para análise de variância é dada por:

$$F = \frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2 / (m - 1)}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2 / (n - m)}$$

onde  $m-1$  é o chamado grau de liberdade e  $m$  é o número de coeficientes na equação de regressão.

No denominador da equação temos a parcela da variação de Y que não é explicada pela regressão, ou seja, os erros. Já no numerador encontra-se a parcela da variação de Y que é explicada pelo modelo de regressão. Caso exista uma relação entre as variáveis, espera-se que a parte da variação que não seja explicada pela regressão tenha pequena expressão e, portanto, o valor de F seja grande.

A partir do valor de F, pode-se determinar o valor de **p**, que é a probabilidade de que a hipótese **H<sub>0</sub>** possa ser considerada verdadeira no intervalo de confiança estabelecido. De acordo com Makridakis (1998) valores de  $p < 0,05$  indicariam a refutação de **H<sub>0</sub>** provando a existência de uma regressão relevante.

### 3.2 Custos logísticos

A Logística, segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals*, é definida como o processo de planejamento, implementação e controle, de forma eficaz e eficiente, do transporte e da armazenagem de bens, incluindo serviços e informações relacionadas, de um ponto de origem até o ponto de consumo (VITASEK, 2006).

De acordo com Ballou (2004), muitos dos princípios e conceitos que orientam o planejamento logístico são decorrentes da natureza especial das atividades logísticas, principalmente o transporte de mercadorias.

Reis (2011) aponta que, com o advento da globalização, as cadeias de suprimento estão tornando-se mais longas e complexas, fazendo com que os custos logísticos, que representam uma parcela significativa dos custos das empresas, cresçam em valor e importância. Segundo Martins e Caixeta Filho (1999) para o caso da agricultura, geralmente associada ao transporte de matérias primas, os custos de transportes tornam-se ainda mais significativos.

Para Reis (2011) “A mensuração dos custos logísticos é uma ferramenta essencial no delineamento de políticas públicas e privadas que conduz à estruturação de um sistema logístico racional e eficiente e que permite a atração de investimentos”.

Ballou (2004) corrobora com os argumentos apresentados ao dizer que o custo logístico total constitui peça central para o escopo e projeto do sistema logístico.

Tendo isso em vista é de fundamental importância que se saiba como calcular os custos logísticos totais de uma cadeia de transportes como no caso da cadeia exportadora da soja.

De acordo com estudo realizado por Reis (2011) existem diferentes metodologias para realização do cálculo dos custos logísticos totais. Dentre elas o autor aborda em seu trabalho quatro diferentes fórmulas desenvolvidas em diferentes países (Estados Unidos, Coréia do Sul, África do Sul e Brasil) e, por fim, apresenta uma nova proposta de metodologia.

Uma das características comuns a todos os modelos apresentados, também utilizada por Ballou (2004), é a divisão dos custos incorridos em diferentes categorias.

Apesar de apresentarem formas distintas de divisão, em todas as metodologias apresentadas as seguintes categorias de custos são consideradas:

- Transportes;
- Armazenagem; e
- Administrativos.

De acordo com estudos realizados por diferentes autores Ojima (2006), Ângelo (2005) e Branco et al. (2009), dentre as categorias de custos supracitadas, a que possui maior relevância na cadeia logística da soja é o custo do transporte. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos por Ângelo na estimativa dos custos referentes ao transporte de soja entre o município de Jataí (GO) e o porto de Santos (SP), utilizando-se da combinação dos modais rodoviário e ferroviário.

**Tabela 1: Participação dos custos logísticos no transporte da soja**

	<b>Frete + Transbordo</b>	<b>Perda de carga</b>	<b>Armazenagem</b>	<b>Estoque em trânsito</b>	<b>Custo Total</b>
Custo (R\$)	102	7,74	0,5	0,57	110,81
Participação no custo total	92,0%	7,0%	0,5%	0,5%	100,0%

**Fonte: adaptado pelo autor a partir de Ângelo (2005)**

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que os custos de transporte (fretes + transbordos) representam mais de 90% dos custos totais incorridos no transporte da soja, e que, portanto, podem ser utilizados como bons aproximadores do custo logístico total.

Segundo a metodologia proposta por Reis (2011), no cálculo dos custos referentes ao transporte de uma carga devem ser lavados em conta os custos incorridos no uso de todos os modais utilizados durante o transporte da mesma. No caso da soja esses custos são referentes aos modais:

- Rodoviário;

- Ferroviário;
- Hidroviário;

Segundo o autor, o custo total do transporte pode ser determinado de acordo com a seguinte equação:

$$C_T = \sum_i^n V_i \times D_i \times C_i + C_{ti}$$

Onde,  $C_T$  é o custo total de transporte,  $V_i$  o volume transportado,  $D_i$  a distância percorrida,  $C_i$  o custo em R\$/t/Km e  $C_{ti}$  o custo de transbordo do modal  $i$ .

Realizando-se a soma dos custos dos  $n$  modais envolvidos no transporte de uma carga, obtêm-se o custo logístico de transporte para a rota utilizada.

Esse será o conceito empregado para análise dos custos das rotas de escoamento utilizadas para escoamento da produção nacional de soja.

### 3.3 Região de influência dos portos

O escopo deste trabalho visa comparar os custos de escoamento da soja em grão brasileira por diferentes rotas. Para isso é preciso determinar quais portos, pontos de destino das rotas, serão utilizados para exportação da produção de cada região.

Na literatura foi encontrada a definição de região de influência portuária, que servirá como base para elaboração das análises neste estudo e será apresentada nesta seção.

Para Klink e Winden (1998) região de influência de um porto é composta pelos municípios originadores de cargas que utilizam o serviço ofertado por um determinado porto na realização das transações econômicas.

De acordo com Notteboom (2008) pode-se definir a região de influência de um porto a partir dos custos logísticos associados ao percurso entre região de origem e o porto considerado. Essa é a visão compartilhada por, Pizzolato, Scavarda e Paiva (2010), que considera que uma dada origem fará parte da região de influência de um porto, se o custo logístico total para escoar uma carga por este for menor do que se o escoamento fosse realizado por qualquer outro porto.

Em seu trabalho, Stupello (2011) adota um conceito semelhante quando considera que uma região originadora de carga exporta sua produção pelo porto que apresenta o menor custo total de transporte.

Essa visão, de que o custo de transporte é o principal determinante na escolha de um porto e de que as empresas buscam menor custo logístico total no escoamento de um produto, tem forte correlação com o conceito apresentado por Ojima (2006), que credita ao setor de transportes grande parte da eficiência dos diversos setores da economia de um país.

Os resultados da pesquisa realizada por Branco et al. (2011) corroboram com os conceitos supracitados. Nessa pesquisa foram entrevistados os entes envolvidos no processo de escoamento de soja no corredor centro norte brasileiro (transportadores, embarcadores, e agentes públicos). Segundo o estudo, dentre cinco atributos considerados (Tabela 2) o custo logístico foi considerado o mais importante no momento de escolher qual rota de escoamento deve ser adotada. Além disso, o menor desvio padrão dentre os atributos avaliados revela que apesar das diferentes situações de mercado (regiões, cargas, modais, portos e etc..) o custo total logístico é o que predomina.

**Tabela 2: Atributos determinantes na operação logística**

Atributos determinantes	Posições no <i>ranking</i> de importância		
	Média	Moda	Desvio padrão
Custo logístico (frete + transbordo + ponta rodoviária)	1,6	1,0	1,0
Agilidade da operação portuária	2,9	2,0	1,5
Tempo total de percurso ( <i>transit time</i> )	3,1	3,0	1,3
Possibilidade de contrato de longo prazo	4,1	6,0	1,6
Perdas físicas associadas ao processo logístico	4,4	5,0	1,3
Garantias sobre sinistro por danos e acidentes	4,6	5,0	1,4

**Fonte: adaptado pelo autor a partir de Branco et al. (2011)**

Diante dos conceitos apresentados e das características do agronegócio da soja (grandes volumes, baixo valor agregado e grandes distâncias ente origem e destino) conclui-se que a adoção do modelo, que determina a regiões de influência portuárias tendo como base os custos totais de transporte para acessar os portos, é adequado na elaboração do presente estudo.

## 4 METODOLOGIA

Tendo como base os principais conceitos apresentados no capítulo 3, a metodologia adotada para resolução do Problema identificado consiste em cinco etapas encadeadas, com diversas atividades. Em linhas gerais, projeta-se o fluxo de soja em grão das regiões produtoras para diversos portos brasileiros, e são avaliados os custos logísticos totais de cada rota identificada.

Para suportar essas atividades, foram coletadas e tratadas bases de dados de produção agrícola e custos de transporte em planilhas eletrônicas, bem como desenvolvida ferramenta para avaliar os custos logísticos entre um ponto de origem e um ponto de destino determinado.

A seguir, as etapas e atividades realizadas são descritas.

1. Identificação das principais regiões produtoras do país:
  - a. Identificar, por meio de uma Curva ABC<sup>2</sup>, as mesorregiões<sup>3</sup> que representem ao menos 90% da produção nacional de soja;
  - b. Identificar, dentro de cada mesorregião, os municípios concentradores de carga. Estes municípios serão os pontos de origem (centróides) das rotas de escoamento a serem analisadas.
2. Projeção das exportações de soja em grão, utilizando-se o método de regressão linear:
  - a. Identificar uma variável que apresente correlação significativa com as exportações nacionais da *commodity*, testar estatisticamente a adequação da equação obtida, prever os volumes de exportações e comparar os resultados obtidos com outras fontes;
  - b. Alocação do volume previsto às mesorregiões, conforme a tendência de expansão das fronteiras agrícolas.
3. Identificação das novas rotas de escoamento empregadas nas exportações:

---

<sup>2</sup> Segundo Ballou (2004) a curva ABC tem como função ajudar na priorização dos produtos que devem ser avaliados na gestão de estoques de uma empresa. A curva ABC é construída levando-se em conta a participação relativa de um determinado produto nos custos totais de uma empresa. Produtos com maior peso relativo são aqueles que devem ser analisados prioritariamente. Realizando-se uma analogia com a produção de soja nacional, foram identificadas as principais regiões produtoras do país, ou seja aquelas que possuem maior relevância no âmbito nacional.

<sup>3</sup> Segundo o IBGE, mesorregião é uma parcela de uma Unidade da Federação, que não constitui uma unidade político-administrativa, e que foram definidas com base nas seguintes dimensões: o processo social como determinante, o quadro natural como condicionante e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial.

- a. Identificar os portos que serão pontos de destino das rotas de escoamento da soja em grão;
  - b. Identificar as principais obras de infraestrutura de transportes com conclusão prevista para a próxima década;
  - c. Determinar as rotas ligando os centros produtores e os portos identificados, por meio dos elementos de infraestrutura de transporte atuais e a serem desenvolvidos.
4. Determinação dos custos totais de transporte para cada rota:
- a. Coletar dados e elaborar curvas de frete;
  - b. Estimar custos de transporte para os diferentes modais utilizados: rodoviário, ferroviário, hidroviário e marítimo;
  - c. Definir as distâncias percorridas pelos modais em cada rota analisada;
  - d. Definir o custo total de transporte para cada rota analisada;
  - e. Delimitar a região de influência dos portos avaliados;
  - f. Alocar os volumes a serem exportados a cada porto.
5. Análise dos resultados obtidos:
- a. Comparar os custos logísticos atuais e futuros incorridos na exportação da soja em grão.

## 5 CONTEXTUALIZAÇÃO

### 5.1 Desenvolvimento do agronegócio da soja

O Brasil figura entre os maiores produtores e exportadores mundiais de *commodities* agrícolas. As dimensões continentais, a abundância de terras férteis e o clima tropical favorável são algumas das características que reforçam as expectativas de que o país continue figurando como uma das principais fontes mundiais de alimentos e biocombustíveis.

Dentro do agronegócio brasileiro destaca-se a participação expressiva que possui a cultura da **soja**, tanto pela magnitude dos volumes de produção como pela importância que sua cadeia produtiva representa para a economia do país. O cultivo dessa *commodity* tem crescido substancialmente e hoje é um dos principais motores da economia nacional. De acordo com dados do MDIC<sup>4</sup>, as exportações de soja em grão representaram, em 2012, 32 milhões de toneladas e geraram divisas no valor de US\$18 bilhões. Isso correspondeu a 6% e 7% do volume e valor total exportado pelo país neste ano, respectivamente.

Além da relevância para o comércio exterior brasileiro, de acordo com Dall'agnol (2000) atribui-se à cultura da soja o fortalecimento do agronegócio brasileiro. Com a aceleração do processo de mecanização das lavouras, expansão das fronteiras agrícolas e aumento da produtividade no campo a soja também proporcionou e alavancou a expansão de outras atividades, como a avicultura e suinocultura brasileiras. Dados da ABIOVE<sup>5</sup> indicam que 33% da soja produzida no Brasil é consumida internamente, sendo 55% desse volume utilizado como fonte de nutrição animal.

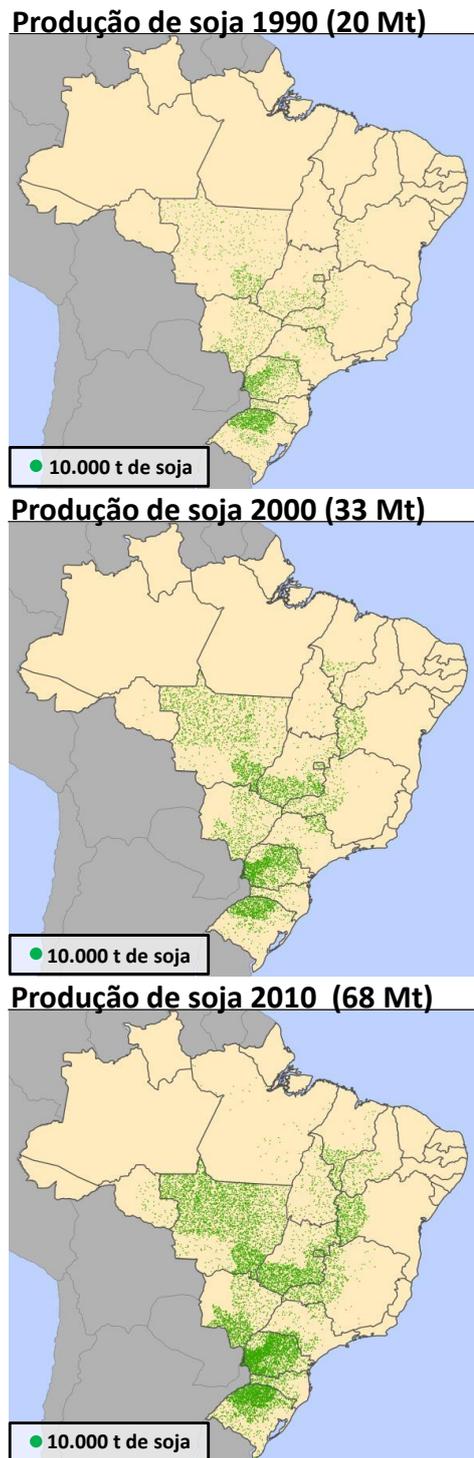
De acordo com Schlesinger (2008) a oleaginosa originária da China foi introduzida na Região Sul do Brasil no início do século 20 e, a partir de então, expandiu-se para outras regiões do país

A Figura 1 mostra como se deu a expansão geográfica e a quantidade produzida de soja nas três últimas décadas.

---

<sup>4</sup> Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio

<sup>5</sup> Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais

**Figura 1: Expansão geográfica da soja no Brasil**

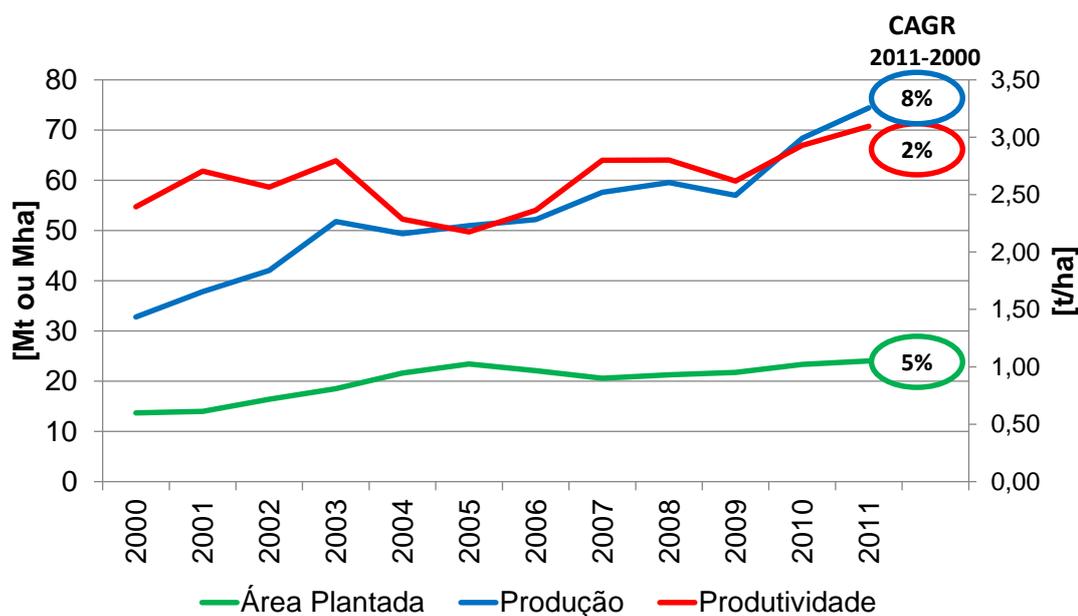
**Fonte: elaborado pelo autor com dados do IBGE (2013)**

De acordo com a ABIOVE, o aumento da demanda pela soja ocorreu principalmente graças a sua grande variedade de aplicações, que vão desde a indústria alimentícia, passando pela alimentação animal até a fabricação de biocombustíveis.

Mais recentemente, com a expansão da fronteira agrícola para a região Centro Oeste e a introdução de novas técnicas de plantio e de variedades mais produtivas, a produção nacional deu um grande salto de patamar.

O Gráfico 1 ilustra como se deu a evolução da área plantada, produção e produtividade da soja no Brasil.

**Gráfico 1: Evolução da área plantada, produção e produtividade da cultura da soja no Brasil e CAGR<sup>6</sup>**

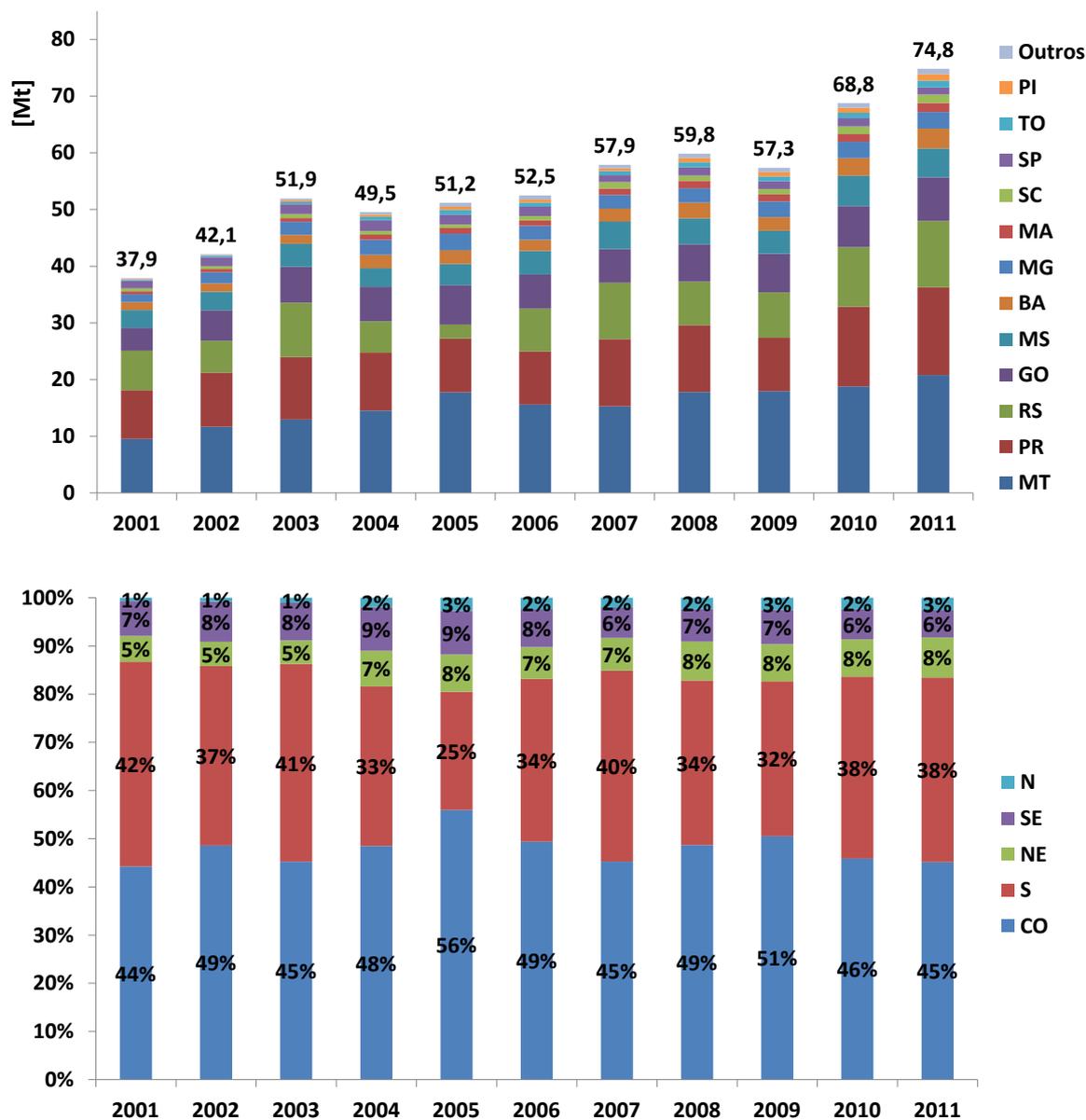


**Fonte: elaborado pelo autor com dados do IBGE (2013)**

Apesar de estar distribuída em todo o território nacional, regiões específicas do país concentram volumes expressivos da produção nacional. Em 2011, 83% da produção nacional de soja se concentrou em duas regiões do país: Centro Oeste (45%) e Sul (38%). O Gráfico 2 mostra como evoluiu a participação de cada Estado e região no âmbito nacional.

<sup>6</sup> O CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) ou Taxa Composta Anual de Crescimento, é calculado pela fórmula  $CAGR = \left[ \left( \frac{\text{Valor ano } n}{\text{Valor ano } i} \right)^{\frac{1}{(\text{ano } n - \text{ano } i)}} \right] - 1$ .

Gráfico 2: Evolução da participação das UF e regiões do país na produção nacional de soja



Fonte: elaborado pelo autor com dados do IBGE (2013)

Nota-se que foi a partir do final dos anos 90, com a expansão da fronteira agrícola para o cerrado, que a região Centro-Oeste tornou-se a principal produtora nacional, ultrapassando a tradicional região Sul. Observa-se também um desenvolvimento acentuado da região Nordeste no período, provocado principalmente pela introdução da cultura no Oeste baiano.

Merece destaque o desenvolvimento recente de uma nova fronteira agrícola localizada no entroncamento de quatro estados da região Norte/Nordeste denominada MAPITOBA. Essa fronteira recebe esse nome por incluir regiões do sul do Maranhão (MA) e Piauí (PI), norte do

Tocantins (TO) e região oeste da Bahia (BA). Segundo o MAPA<sup>7</sup> (2013), essa região tem potencial para se tornar uma das maiores produtoras nacionais de soja.

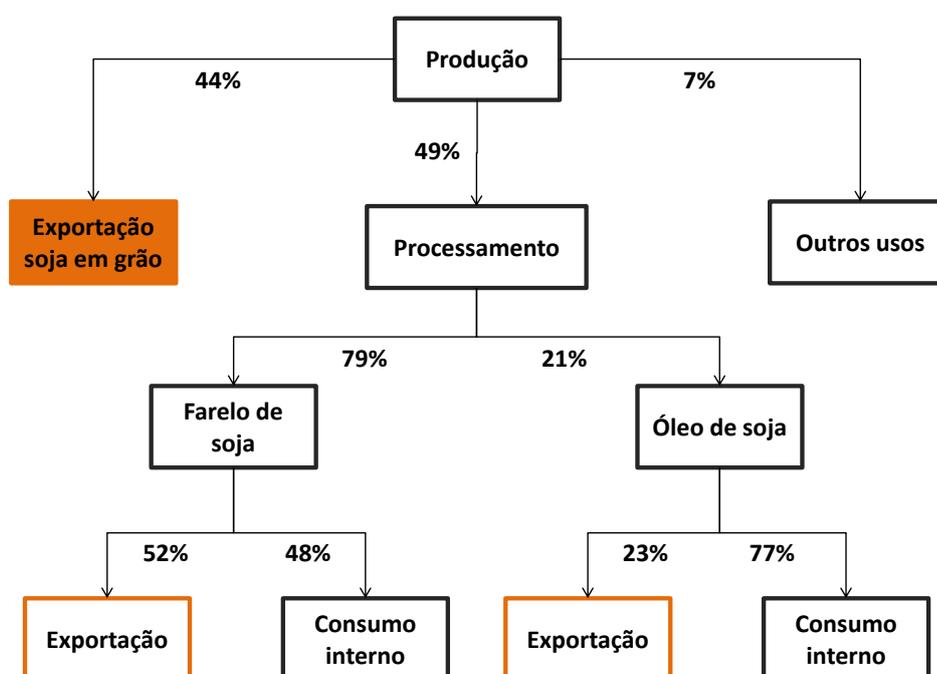
Com o crescimento do agronegócio da soja, as formas de organização da produção e comercialização foram se modificando. O aumento da competitividade do comércio mundial, somado ao ganho de escala proporcionado pela comercialização da *commodity*, fez com que grandes empresas multinacionais e fortemente verticalizadas, conhecidas como *tradings*, passassem a controlar a produção e comercialização da soja em todo o mundo.

Segundo Frederico (2010), em 2005, 60% do volume das exportações de soja no Brasil estavam concentradas nas mãos de quatro grandes *tradings* mundiais conhecidas como ABCD – Archer Daniel Midland (ADM), Bunge, Cargill e Louis Dreyfus.

### 5.1.1 Cadeia de produção da soja

Segundo Viera (2002) são várias as atividades econômicas que constituem a cadeia agroindustrial do complexo da soja (soja em grão, farelo de soja e óleo de soja). O Quadro 1 resume de forma simplificada os elementos e as etapas da cadeia.

**Quadro 1: Dinâmica do agronegócio da soja**

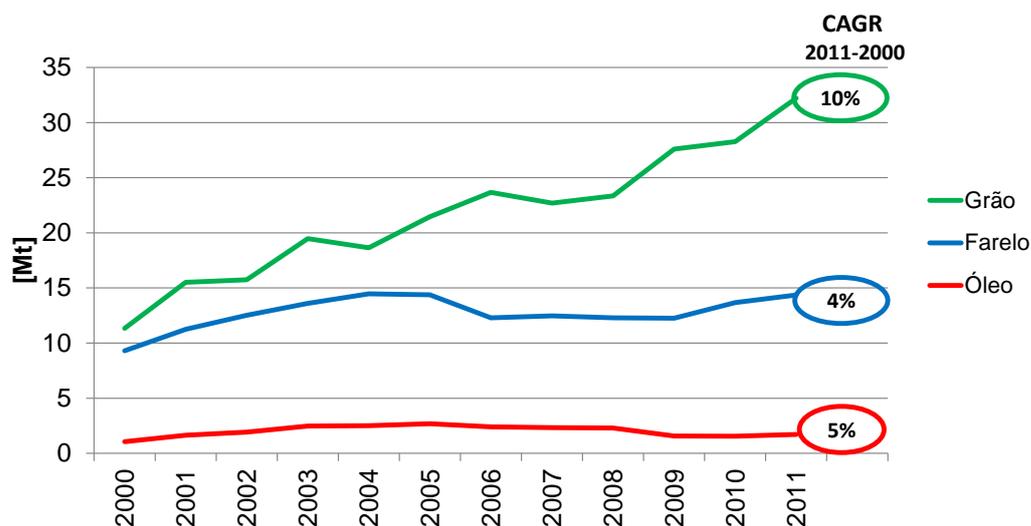


Fonte: elaborado pelo autor com dados da ABIOVE (2013)

<sup>7</sup> Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio Brasileiro (2013)

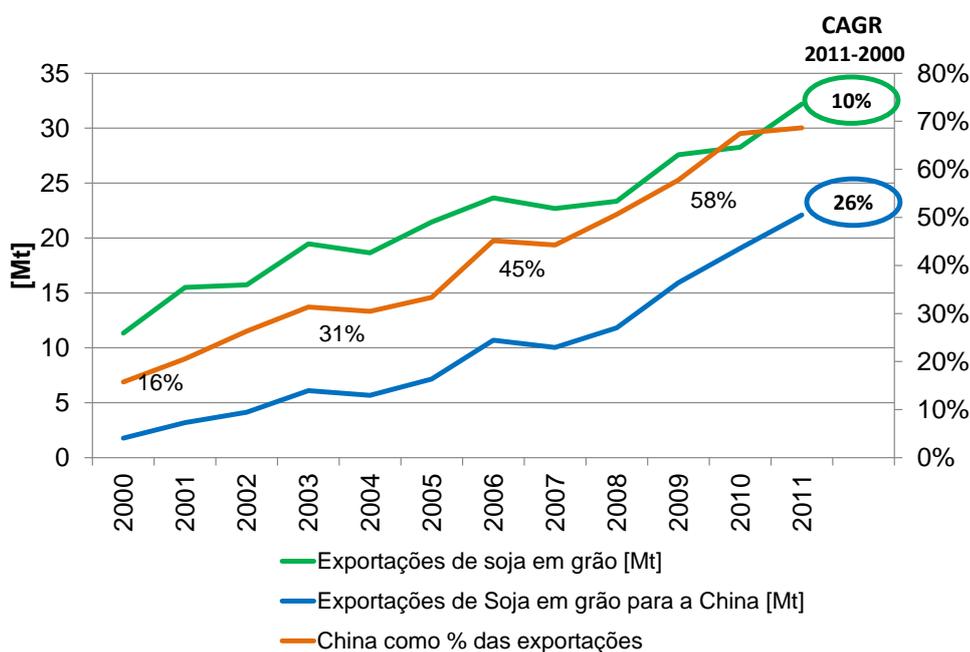
Dentre os produtos que compõem o complexo soja, o que apresentou maior crescimento nos volumes de exportações, no período entre o anos 2000 e 2011, foi a soja em grão. Desta forma, este será o produto a ser analisado nas projeções deste estudo. O Gráfico 3 mostra o histórico das exportações para os referidos produtos do complexo soja.

**Gráfico 3: Exportações do complexo soja por tipo de produto**



**Fonte: elaborado pelo autor com base em dados do MDIC (2013)**

Essa taxa de crescimento de 10% ao ano está fundamentada principalmente no aumento das importações chinesas do produto brasileiro, que cresceram 26% ao ano durante a última década, fazendo com que a China viesse a se tornar o principal destino das exportações da soja brasileira. O Gráfico 4 mostra como foi o crescimento histórico das exportações de soja em grão e a importância cada vez maior que o mercado chinês vem apresentando no comércio exterior brasileiro para esta *commodity*.

**Gráfico 4: Evolução das exportações de soja em grão**

**Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do MDIC (2013)**

Destaca-se que, diferentemente do mercado europeu que importa principalmente farelo de soja, a China adota outra estratégia, priorizando o grão. Desta maneira, o país consegue garantir que o esmagamento do grão, etapa de maior agregação de valor na cadeia produtiva, ocorra no seu território.

## 5.2 Logística do Agronegócio

O bom desempenho brasileiro na produção dos grãos, não se repete no seu escoamento. A falta de infraestrutura adequada e o uso de uma matriz de transporte desbalanceada em favor do modal rodoviário levam a maiores custos de transporte e reduzem, por conseguinte, a competitividade do produto brasileiro.

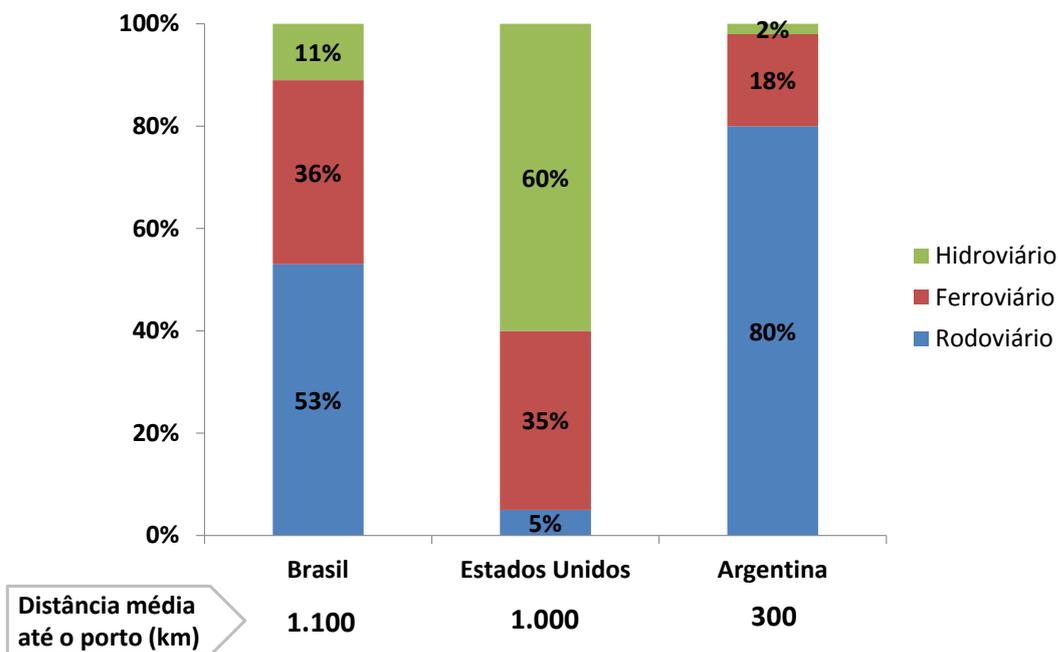
Um dos fatores que mais afetam o custo logístico no escoamento da produção é a distância que separam as regiões produtoras dos portos exportadores. Estima-se que a distância média entre essas regiões e os portos seja de aproximadamente 1.100 Km.

O compara as matrizes de transportes utilizadas no escoamento da produção entre os maiores exportadores de soja do mundo: Brasil, Estados Unidos e Argentina. Nota-se que

apesar de apresentar a maior distância média entre região produtora e o porto de destino, o Brasil ainda escoar a maior parte da produção pelo modal rodoviário.

Gráfico 5 compara as matrizes de transportes utilizadas no escoamento da produção entre os maiores exportadores de soja do mundo: Brasil, Estados Unidos e Argentina. Nota-se que apesar de apresentar a maior distância média entre região produtora e o porto de destino, o Brasil ainda escoar a maior parte da produção pelo modal rodoviário.

**Gráfico 5: Matriz de transportes utilizadas no escoamento da soja**



**Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados de Aroeira (2013)**

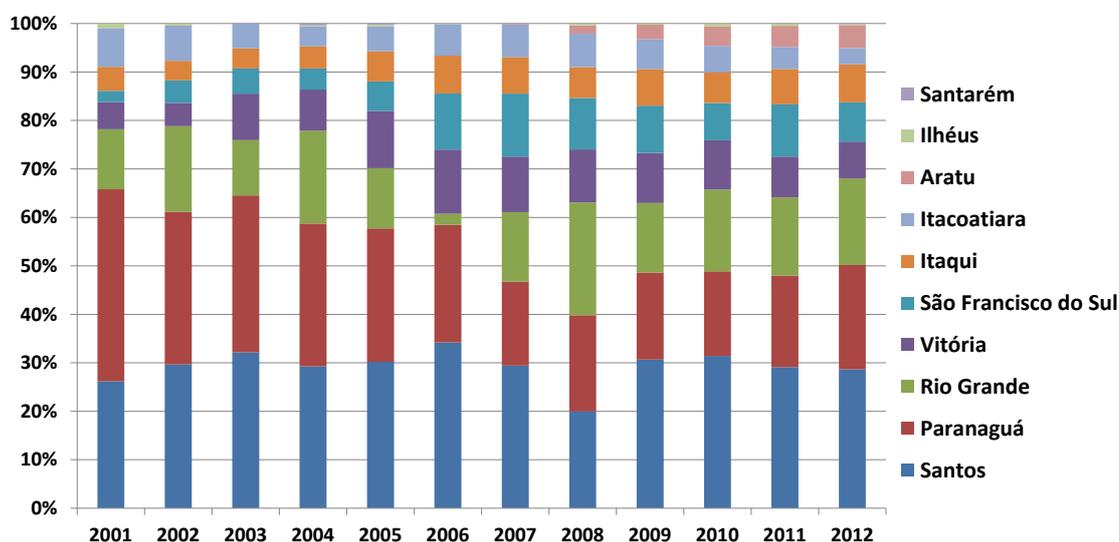
Outro grande problema no escoamento das safras é concentração dos volumes em determinados períodos do ano e em poucos portos, provocando a formação de filas e congestionamentos nos acessos terrestres e aquaviários aos mesmos.

O Apesar da existência de outros portos no país, como os da região Norte, altos custos de transporte e a falta de capacidade para atendimento de navios de grande porte limitam a utilização dos mesmos.

Gráfico 6 evidencia essa concentração, mostrando que mais de 65% das exportações de soja em grão do Brasil, durante a última década, concentraram-se apenas três portos: Santos (SP), Paranaguá (PR) e Rio Grande (RS).

Apesar da existência de outros portos no país, como os da região Norte, altos custos de transporte e a falta de capacidade para atendimento de navios de grande porte limitam a utilização dos mesmos.

**Gráfico 6: Exportação de soja em grão por porto**



Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do MDIC (2013)

As dificuldades apontadas anteriormente são reflexos de decisões históricas no planejamento do setor de transportes brasileiro, e serão tratadas mais especificamente na próxima seção. Além disso, serão mostradas as perspectivas futuras para o setor com a implantação das principais obras na malha de transportes nacional.

### 5.3 O setor de transportes

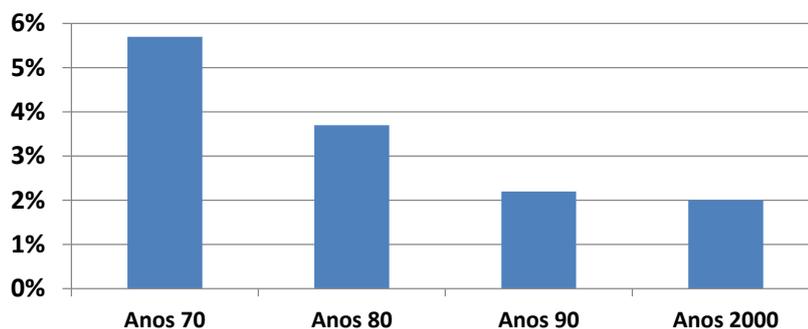
Nesta seção se discorrerá sobre o cenário atual da infraestrutura de transportes, mencionado os principais fatos históricos que forjaram seu desenvolvimento até o momento. Também serão tratadas as perspectivas futuras para o setor, norteadas pelos programas de investimentos em infraestrutura do Governo Federal.

### 5.3.1 Cenário atual

De acordo com Lanzana e Lopes (2011), o Brasil viveu nas últimas décadas uma tendência de redução nos investimentos no setor de infraestrutura em relação ao Produto Interno Bruto (PIB). O Gráfico 7

Gráfico 7 mostra como se deu essa evolução.

**Gráfico 7: Investimentos em infraestrutura como porcentagem do PIB**

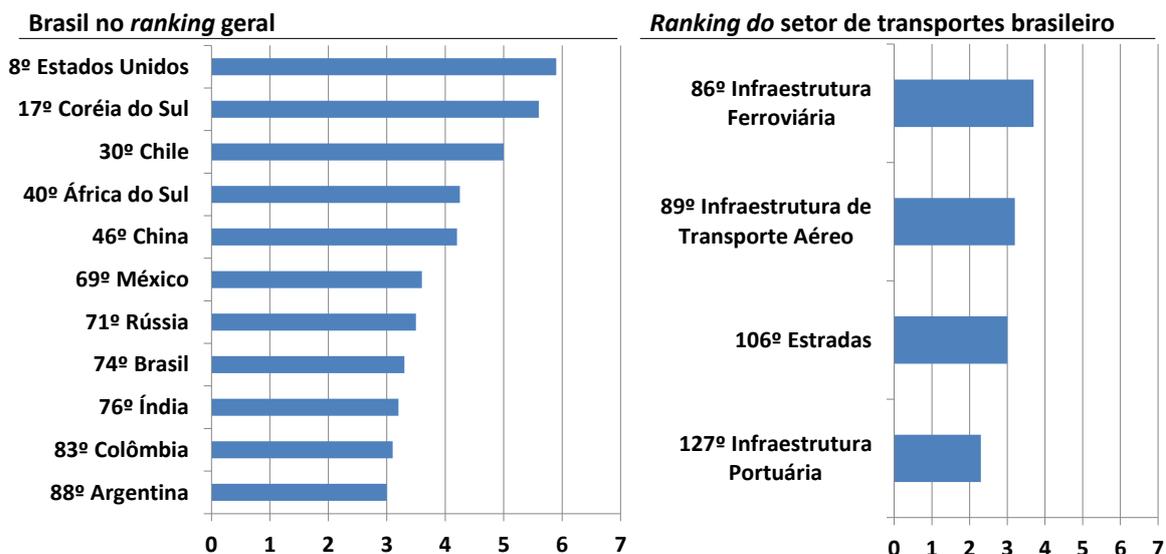


**Fonte: elaborado pelo autor com base em Lanzana e Lopes (2011)**

Aquele autor destaca que os principais fatores que levaram a essa desaceleração dos investimentos foram: (i) o descontrole inflacionário da década de 80, seguido por tentativas de estabilização, incluindo a elevação da taxa básica de juros da economia; e (ii) a dinâmica da política fiscal dos anos 90 e 2000, quando o Governo Federal, para cobrir as despesas de custeio do setor público (que saíram de 20% do PIB na década de 70 para 35% nos anos mais recentes), elevou a carga tributária. Apesar do ajuste fiscal, a poupança pública não foi elevada, reduzindo ainda mais a capacidade de investimento do poder público.

Um dos sintomas da falta de investimento em infraestrutura foi o baixo desempenho obtido pelo Brasil no *ranking* de competitividade em infraestrutura divulgado pelo Banco Mundial (2010). Dos 133 países analisados, o Brasil ficou na 74ª colocação, atrás de países latino-americanos como Chile e México. Apesar de se apresentar em faixa intermediária no *ranking* geral, quando considerados apenas os setores de transportes o resultado é pior, com destaque para a Infraestrutura Portuária, classificada em uma das piores posições no *ranking*.

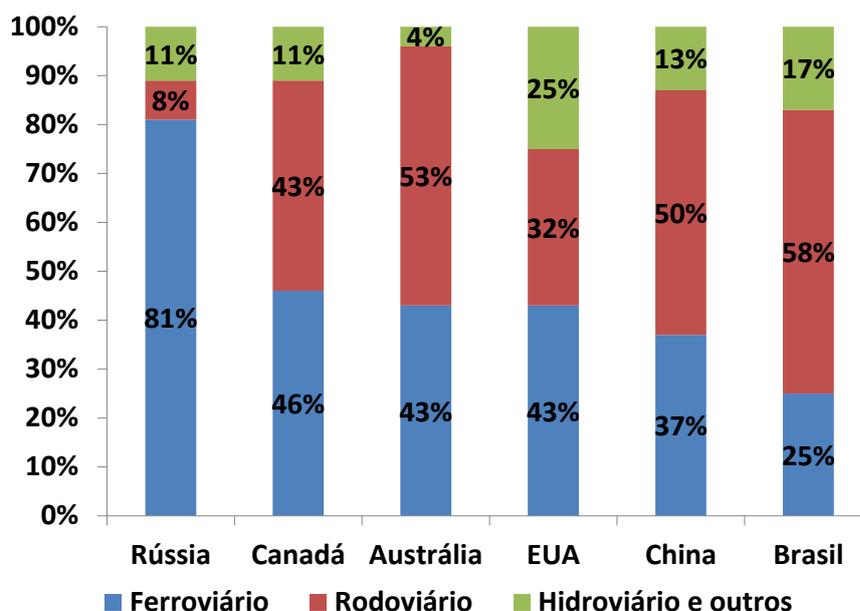
Gráfico 8: Ranking de competitividade Global



Fonte: elaborado pelo autor com base Lanzana e Lopes (2011)

Além do montante aquém do necessário, os investimentos em infraestrutura realizados nas últimas décadas também têm ocorrido de forma desigual, favorecendo o desenvolvimento do modal rodoviário, segundo (STUPELLO, 2011). Tal fato teria culminado em uma matriz de transportes que destoava da realidade observada em outros países com dimensões geográficas parecidas.

Gráfico 9: Comparação da matriz de transportes entre países



Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do PNLT 2007

O problema de uma matriz de transportes com o aspecto da brasileira, para um país de dimensões continentais, é que ela indica que os custos logísticos estão, em média, mais elevados que o dos concorrentes.

De acordo com Nunes (2010), para distâncias longas o transporte deveria ser realizado pelos modais ferroviário e hidroviário, sendo o rodoviário empregado em trajetos mais curtos, quando seu custo se torna competitivo em relação aos outros modais.

**Quadro 2: Análise dos diferentes modais**

<b>Modal</b>	<b>Flexibilidade</b>	<b>Distância Adequada</b>	<b>Custo Fixo</b>	<b>Custo Variável</b>
Rodoviário	Grande	Curta	Baixo	Alto
Ferrovário	Média	Longa	Alto	Baixo
Hidroviário	Pequena	Longa	Alto	Baixo

**Fonte: elaborado pelo autor com base em Nunes (2010)**

A seguir são tecidos comentários específicos sobre o desenvolvimento dos diferentes modais.

### **Rodovias**

A predominância do modal rodoviário sobre os demais modais, segundo Stupello (2011), iniciou-se com o lançamento do primeiro Plano rodoviário nacional, na década de 30 e tomou força ainda maior durante o período do Pós-Guerra, com as políticas voltadas à indústria automobilística adotadas no governo de Juscelino Kubistchek (década de 50). Nesse período, a malha nacional rodoviária passou de 420 Km de vias pavimentadas para um total de 25.000 Km.

Durante o regime militar (1964-1985), com a implantação do Plano Nacional de Viação, que previa a interligação da capital federal com outras regiões e com portos estratégicos, o modal rodoviário se consolidou plenamente atingindo um total de 116.500 Km de vias pavimentadas. Destaca-se que durante todo o período descrito o controle das rodovias sempre ficou a cargo do poder público.

Nos últimos anos, desde o início dos anos 90, o governo tem concedido diversos trechos da malha rodoviária, alocando à iniciativa privada a responsabilidade pela manutenção e realização de investimentos em rodovias. Apesar disso, a grande maioria das rodovias do país ainda é controlada pelo Estado. Segundo o IPEA<sup>8</sup> (2011), pouco mais de

<sup>8</sup> Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

15.000 km de rodovias haviam sido concedidos até 2011, enquanto a administração pública gerenciava mais de 57.000 km.

Apesar da predominância do modal rodoviário no transporte de cargas, segundo estudo da CNT<sup>9</sup>, mais de 60% dos 95.000 km de rodovias avaliadas foram classificadas como regulares, ruins ou péssimas. Isso evidencia a situação precária em que se encontram o principal meio de transporte do país.

A Figura 2 mostra a capilaridade da malha rodoviária nacional e as rodovias mais importantes do país, destacando-se as principais utilizadas no escoamento da produção de soja.

**Figura 2: Malha rodoviária nacional e principais rodovias utilizadas no escoamento da soja**



Fonte: elaboração própria com base nos dados da ANTT

## Ferrovias

Segundo ANTF<sup>10</sup>, a malha ferroviária brasileira se desenvolveu desde o seu início, no século XIX, ancorada na iniciativa privada. No início, os trechos da malha conectavam alguns pequenos polos regionais e depois foram crescendo e se interconectando aos principais portos do país, até formarem uma malha que cobria boa parte das regiões com maior atividade econômica.

A partir de 1950, quando o modal rodoviário passou a receber a maior parte da atenção pública, conforme mencionado, diversas empresas ligadas ao modal ferroviário registraram

<sup>9</sup> Confederação Nacional dos Transportes

<sup>10</sup> Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários

falência e a malha foi se deteriorando (IPEA, 2010). Desta forma, surgiu a necessidade do Governo Federal assumir as malhas que até então eram controladas por estas, provocando uma estatização no setor.

Durante o período do regime militar, segundo Stupello (2011), houve a consolidação da malha em poucas empresas públicas e foi feita a erradicação de ramais antieconômicos, visando dar um caráter mais estratégico para o setor. Na década de 90, o Governo Federal optou por conceder a totalidade da malha nacional. Apesar de estar nas mãos da iniciativa privada, os principais investimentos no setor foram destinados à recuperação e manutenção dos trechos mais lucrativos de cada trecho da malha, e não na construção de novos trechos.

De acordo com a ANTT, atualmente existem cerca de 28 mil Km de extensão de linhas férreas no país, as quais são utilizadas em sua grande maioria para o transporte de cargas.

A Figura 3 mostra a malha ferroviária nacional e as principais ferrovias utilizadas no escoamento da soja.

**Figura 3: Malha ferroviária nacional e principais ferrovias utilizadas no escoamento da soja**



**Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados da ANTT**

## **Hidrovias**

Apesar do enorme potencial representado pelos grandes rios espalhados pelo território nacional, o modal hidroviário é pouco explorado. Com exceção de alguns trechos da bacia Tietê-Paraná e dos rios Madeira e Amazonas, pouco foram os avanços nas últimas décadas em

relação ao uso deste modal. De acordo com Conab (2005), dos 42.000 Km de rios navegáveis no Brasil, apenas 8.500 (20,2%) são efetivamente utilizados.

Ainda, de acordo com a Companhia, alguns fatores acabam dificultando o desenvolvimento do setor. Os principais são:

- A falta de leis específicas que regulamentem a navegação interior e
- A dificuldade na obtenção de licenças ambientais para a instalação de obras que aumentem a navegabilidade dos rios.

Além dos pontos levantados, destaca-se ainda a dificuldade de navegação imposta pela geografia natural das bacias hidrográficas, formadas, à exceção da Bacia Amazônica, por rios de planalto. Esses são caracterizados por fortes corredeiras e quedas d'água, fazendo com que grandes investimentos sejam necessários para torná-los navegáveis.

A Figura 4 mostra as principais hidrovias do país, bem como as hidrovias utilizadas no transporte da soja.

**Figura 4: Malha hidroviária nacional e principais hidrovias utilizadas no escoamento da soja**



**Fonte: elaborado pelo autor com base em ANTAQ**

### 5.3.2 Perspectiva futura

Na tentativa de reverter o ciclo de baixos investimentos em infraestrutura de transportes – especialmente nos modais ferroviário e hidroviário – o Governo federal tem lançado, nos últimos anos, diversas iniciativas para estimular o desenvolvimento de novas obras que atendam a essa carência.

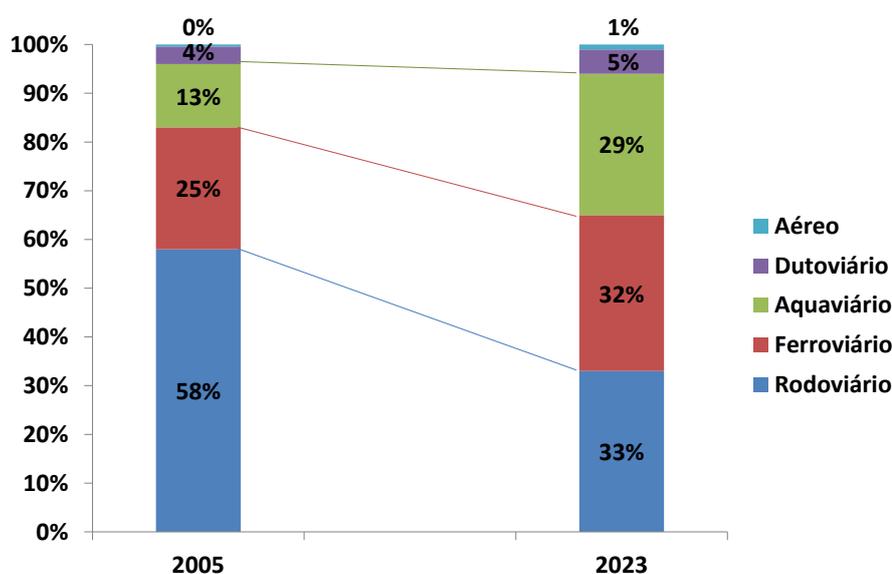
Um destes programas é o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), que consiste numa ferramenta de gestão de médio e longo prazo, baseada em estudos holísticos de demanda. O PNLT orienta as decisões do Governo Federal sobre onde e quando investir em infraestrutura de transportes (PNLT 2007).

Segundo o relatório executivo de 2007 do PNLT, os três objetivos que norteiam suas decisões são:

1. Retomar o processo de planejamento no setor de transportes;
2. Racionalizar os custos da cadeia logística; e
3. Provocar uma mudança efetiva na matriz de transportes, de forma a extrair ao máximo as potencialidades dos modais ferroviário e hidroviário.

A Gráfico 10 mostra como é projetada pelo PNLT a configuração da matriz de transportes brasileira para o ano de 2023.

**Gráfico 10: Previsão da matriz de transportes brasileira**



Fonte: elaborado pelo autor com base em PNLT (2007).

Verifica-se a projeção de uma grande mudança principalmente no que diz respeito à utilização do modal rodoviário, que tem sua participação decrescida de 58% para 33%. Enquanto isso, há um expressivo crescimento dos modais ferroviário e hidroviário, que juntos passam de 38% para 61% de representatividade na matriz de transportes.

Verifica-se a projeção de uma grande mudança principalmente no que diz respeito à utilização do modal rodoviário, que tem sua participação decrescida de 58% para 33%. Enquanto isso, há um expressivo crescimento dos modais ferroviário e hidroviário, que juntos passam de 38% para 61% de participação.

Os principais mecanismos lançados pelo Governo Federal para implantar as obras necessárias apontadas pelo PNLT foram os Programas de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Plano de Investimento em Logística (PIL).

Criado em 2007, o PAC1 tinha como objetivos promover a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país. No programa foram previstos investimentos da ordem de R\$ 500 milhões, que deveriam ser realizados no período de 2007 a 2010 (PAC).

Em 2011, seguindo as mesmas diretrizes, foi lançado o PAC2, que deu maior ênfase à área de transportes.

Diferentemente dos PACs, fundamentados em investimentos públicos, em 2012 foi lançado o PIL. Este visava, por meio de concessões e arrendamentos portuários, acelerar os investimentos privados no setor de transportes, com foco nos modais rodoviário, ferroviário, aeroviário e portuário. O plano previu investimentos privados da ordem de R\$200 bilhões.

Esses investimentos contemplariam obras em diversas regiões do país, algumas das quais com potencial para alterar a atual dinâmica logística da soja.

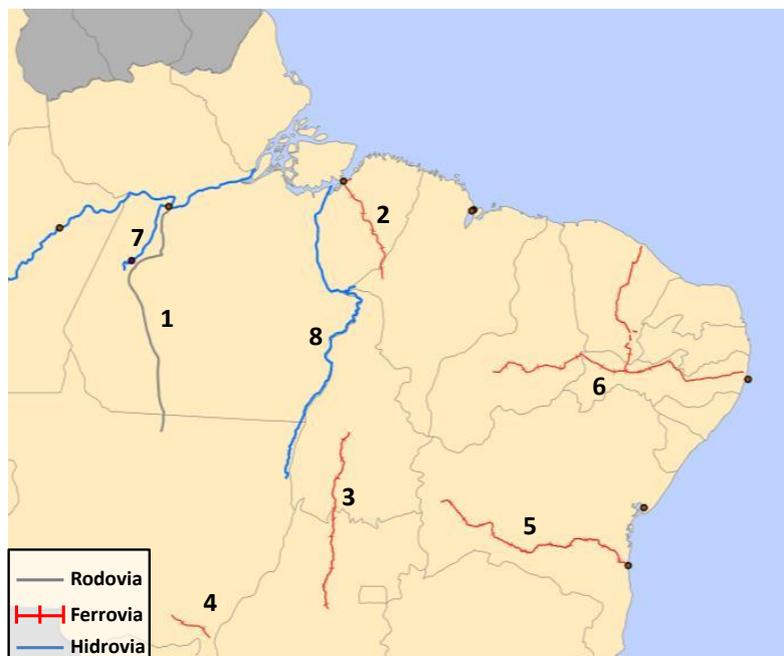
O Quadro 3 elenca essas obras, e o Quadro 4 as localizam no mapa do Brasil.

**Quadro 3: Principais obras de infraestrutura que prometem viabilizar o uso de novas rotas de escoamento**

<b>Principais Obras de Infraestrutura</b>	<b>Origem-Destino</b>
<b>Rodovias</b>	
(1) Pavimentação da BR-63	Guarantã do Norte (MT) - Santarém (PA)
<b>Ferrovias</b>	
(2) Expansão da Ferrovia Norte Sul	Porto Nacional (TO) - Anápolis (GO)
(3) Expansão da Ferrovia Norte Sul	Açailândia (MA) - Barcarena (PA)
(4) Extensão da Ferronorte	Alto Araguaia (MT) - Rondonópolis (MT)
(5) Ferrovia de Integração Oeste - Leste – FIOL	Barreiras (BA) - Ilhéus (BA)
(6) Nova Transnordestina	Eliseu Martins (PI) - Portos de Suape (PE) e Pecém (CE)
<b>Hidrovias</b>	
(7) Dragagem do trecho Miritituba – Santarém	Itaituba (PA) - Santarém (PA)
(8) Dragagem e sinalização da Hidrovia do Araguaia	São Félix do Araguaia (MT) - Barcarena (PA)

**Fonte: elaborado pelo autor com base em dados do Governo Federal (2013)**

**Quadro 4: Localização das principais obras de infraestrutura que prometem viabilizar o uso de novas rotas de escoamento**



**Fonte: elaborado pelo autor**

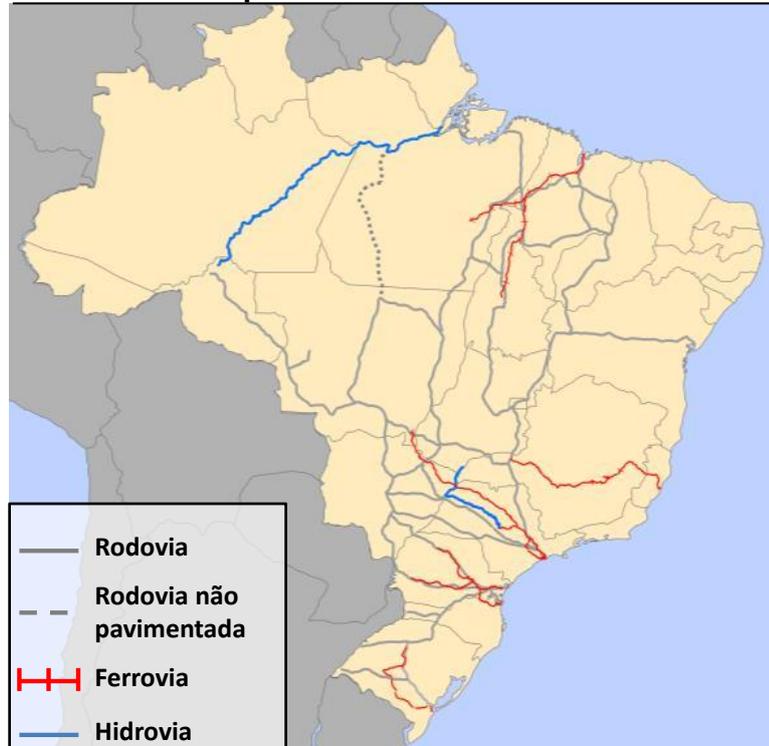
Seguindo o cronograma de investimentos proposto pelo Governo, espera-se que dentro dos próximos 10 anos, as obras indicadas no Quadro 4 estejam concluídas. Desta forma, a

partir de 2023 todas as novas rotas criadas pelos investimentos anunciados estariam disponíveis para serem utilizadas no escoamento da soja.

Como forma de comparação, na Figura 5 é mostrada a malha de transportes atualmente utilizada no escoamento da soja, bem como a malha que deverá estar disponibilizada futuramente para este mesmo fim.

**Figura 5: Malha de transportes utilizada atualmente para o escoamento da soja e projeção da malha futura**

**Malha de Transportes atual**



**Malha de Transportes futura (2023)**



Fonte: Elaboração própria

## **6 ANÁLISE DA LOGÍSTICA ATUAL E FUTURA DE ESCOAMENTO DA SOJA EM GRÃO**

Neste capítulo serão identificadas as principais mesorregiões produtoras de soja no Brasil e a escolha dos centróides que irão concentrar os volumes destas regiões. Em seguida será realizada a projeção das exportações de soja em grão brasileira e a alocação dos volumes entre as mesorregiões analisadas.

As outras etapas que serão realizadas neste capítulo consistem na caracterização dos corredores logísticos utilizados para o escoamento da soja e na determinação dos custos totais de transporte para as rotas identificadas.

### **6.1.1 Identificação das principais regiões produtoras**

Para compreensão do cenário atual de exportação de soja em grão deve-se inicialmente identificar quais são e onde estão localizadas as principais regiões produtoras da oleaginosa no país.

Analisando-se os dados referentes à produção agrícola nacional, disponibilizados pelo SIDRA<sup>11</sup>, identificou-se que toda a produção de soja do país está concentrada em 80, das 137 mesorregiões que cobrem o território nacional. Para que não fosse necessário avaliar o potencial de todas as 80 mesorregiões e visando realizar uma análise mais eficiente dos dados, optou-se pela utilização de uma ferramenta de priorização muito utilizada na engenharia de produção: a curva ABC.

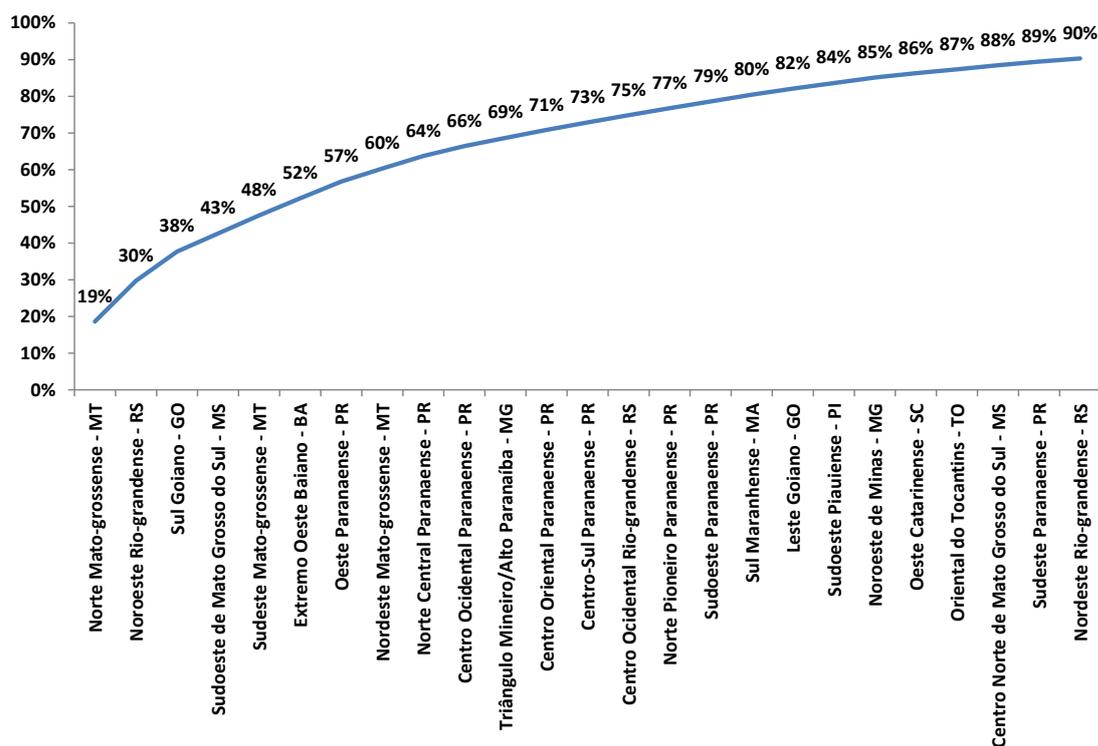
Para a utilização da ferramenta, no contexto do projeto, foi calculada a participação relativa da produção de cada mesorregião no ano de 2011 e elaborado um gráfico crescente em relação a participação percentual na produção nacional. O resultado obtido indica que ao se analisar as 25 principais mesorregiões do país, 90% da produção nacional será contemplada pelo estudo. Devido a grande representatividade encontrada todas as mesorregiões identificadas no

Gráfico 11 serão analisadas por este estudo.

---

<sup>11</sup> Sistema IBGE de Recuperação Automática

Gráfico 11: Curva ABC da produção de soja por mesorregião em 2011



Fonte: elaboração própria com base nos dados do IBGE (2013)

Uma vez identificadas as principais mesorregiões produtoras realiza-se um exercício para alocar, em um único centróide, todo o volume a ser exportado por essas regiões. Isso é necessário, pois cada rota de escoamento é determinada a partir de um único par discreto origem-destino, não podendo ser avaliada de forma contínua ao longo da área coberta pelas regiões produtoras.

Branco et al. (2012) adotam como critério de escolha do centroide de uma região os municípios que possuem maior representatividade no PIB agrícola nacional. Utilizando-se do mesmo critério foram encontrados os municípios que apresentaram maior participação no PIB agrícola do país no ano de 2011 e a eles alocado o volume originado na mesorregião correspondente.

Em regra geral cada mesorregião é representado por um centroide, porém em dois casos foi adotada outra abordagem. Essas diferenciações ocorreram quando:

1. Uma mesorregião, como a Norte Mato-grossense, apresenta área total 50% maior em comparação às demais mesorregiões. Nestes casos consideraram-se dois municípios como centroides da mesorregião, em vez de um como nos casos tradicionais;

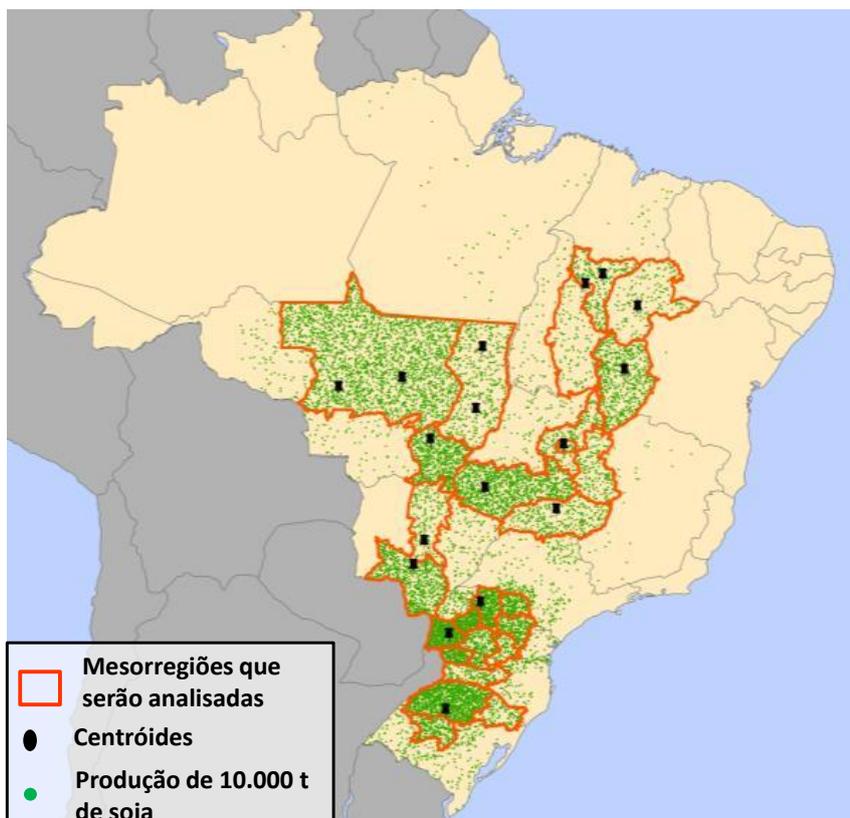
2. Quando existe grande proximidade geográfica entre mesorregiões, como no caso do Estado do Paraná, fazendo com que os centróides fiquem praticamente sobrepostos. Nestes casos optou-se pela adoção de apenas um único município, o que apresenta maior participação no PIB nacional.

O Quadro 5 mostra quais são os centróides que representam cada mesorregião e o Quadro 6 apresenta onde estão localizados os municípios em questão.

**Quadro 5: Mesorregiões e seus respectivos municípios centróides**

<b>Mesorregião</b>	<b>Município centróide</b>
Sul Maranhense - MA	Balsas
Extremo Oeste Baiano - BA	Barreiras
Sudoeste Piauiense - PI	Bom Jesus
Leste Goiano - GO	Brasília
Noroeste de Minas - MG	
Nordeste Mato-grossense - MT	Canabrava do Norte e Água Boa
Oeste Paranaense - PR	Cascavel
Centro-Sul Paranaense - PR	
Sudoeste Paranaense - PR	
Oeste Catarinense - SC	
Centro Norte de Mato Grosso do Sul - MS	Campo Grande
Noroeste Rio-grandense - RS	Cruz Alta
Centro Ocidental Rio-grandense - RS	
Nordeste Rio-grandense - RS	
Sudeste Mato-grossense - MT	Primavera do Leste
Sudoeste de Mato Grosso do Sul - MS	Maracaju
Norte Central Paranaense - PR	Maringá
Centro Ocidental Paranaense - PR	
Centro Oriental Paranaense - PR	
Norte Pioneiro Paranaense - PR	
Sudeste Paranaense - PR	
Oriental do Tocantins - TO	Campos Lindos
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba - MG	Uberlândia
Sul Goiano - GO	Jataí
Norte Mato-grossense - MT	Sapezal e Sorriso

**Fonte: elaborado pelo autor**

**Quadro 6: Localização das mesorregiões que serão analisadas**

**Fonte: elaborado pelo autor**

Após a localização das mesorregiões que serão analisadas e de seus respectivos centroides é dado prosseguimento à próxima etapa da análise, que consiste na projeção das exportações de soja em grão brasileira.

### **6.1.2 Projeção de Demanda**

Uma das etapas da metodologia desenvolvida consiste na previsão do volume de soja em grão que será exportado pelo país na próxima década. Desta forma, buscou-se identificar algumas características do mercado brasileiro da soja para posterior escolha do modelo de previsão a ser adotado.

Como visto no Capítulo 5 a China é o país que possui maior representatividade dentro dos destinos da soja em grão brasileira e de acordo com o MAPA (2013) e o USDA<sup>12</sup> continuará sendo responsável por grande das exportações nacionais da *commodity*.

De acordo com USDA (2013) o desenvolvimento da China tem feito com que a demanda pela soja tenha aumentado nos últimos anos e que o Brasil tem papel crucial no atendimento dessa demanda. Com base nesse fato, existe um indício de que o crescimento chinês possa estar correlacionado com as exportações de soja brasileiras.

Tendo isso em vista, presume-se que um modelo de séries explicativas pode ser adequado na previsão do comportamento das variáveis, caso seja comprovada a existência de correlação significativa entre ambas: a independente (PIB chinês) e a dependente (exportação de soja em grão brasileira).

Na Tabela 3 são apresentados os crescimentos históricos das exportações nacionais do grão e do PIB chinês na última década.

**Tabela 3: Evolução das exportações de soja em grão brasileira e do PIB da China**

Ano	PIB Chinês [Trilhões de dólares]	Exportação de soja em grão [Mt]
2002	1,5	15,7
2003	1,6	19,5
2004	1,9	18,6
2005	2,3	21,5
2006	2,7	23,7
2007	3,5	22,7
2008	4,5	23,3
2009	5,0	27,6
2010	5,9	28,3
2011	7,3	32,2
2012	8,4	32,0

**Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do MDIC (2013) e Banco Mundial (2013)**

Os dados de exportação de soja em grão foram obtidos junto ao Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior, denominado Aliceweb, que é controlado pela SECEX<sup>13</sup>. Os volumes apresentados são referentes a soma das exportações dos seguintes códigos NCM<sup>14</sup>:

- 12010010 – Soja para semente;

<sup>12</sup> USDA – United States Department of Agriculture é o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

<sup>13</sup> Secretaria de Comércio Exterior

<sup>14</sup> NCM trata-se de um código de oito dígitos estabelecido pelo Mercosul para identificar a natureza das mercadorias e promover o desenvolvimento do comércio internacional, além de facilitar a coleta e análise das estatísticas do comércio exterior dos países membros do grupo.

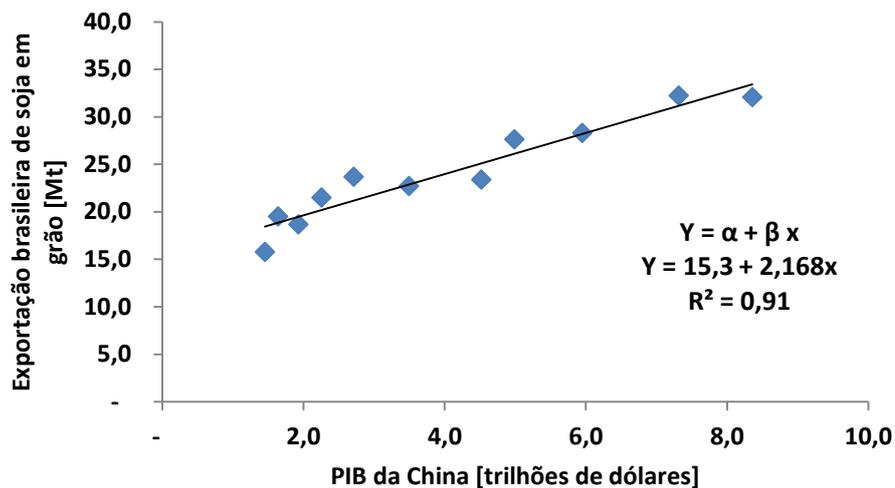
- 12010090 – Outros grãos de soja, mesmo triturados;
- 12011000 – Soja, mesmo triturada, para semeadura; e
- 12019000 – Soja, mesmo triturada, exceto para semeadura.

Os valores de PIB da China foram obtidos junto ao banco de dados do Banco Mundial (2013).

Tendo como base o conjunto de dados obtidos foi desenvolvido um modelo de Regressão Linear na busca de se identificar uma correlação entre as variáveis.

Utilizando-se o método dos mínimos quadrados determinou-se a reta que representa a correlação encontrada, bem como seus coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$ . Conforme mostra o Gráfico 12 os valores encontrados para os coeficientes foram 15,3 e 2,168, respectivamente.

**Gráfico 12: Correlação entre o PIB da China e as exportações de soja em grão brasileira**

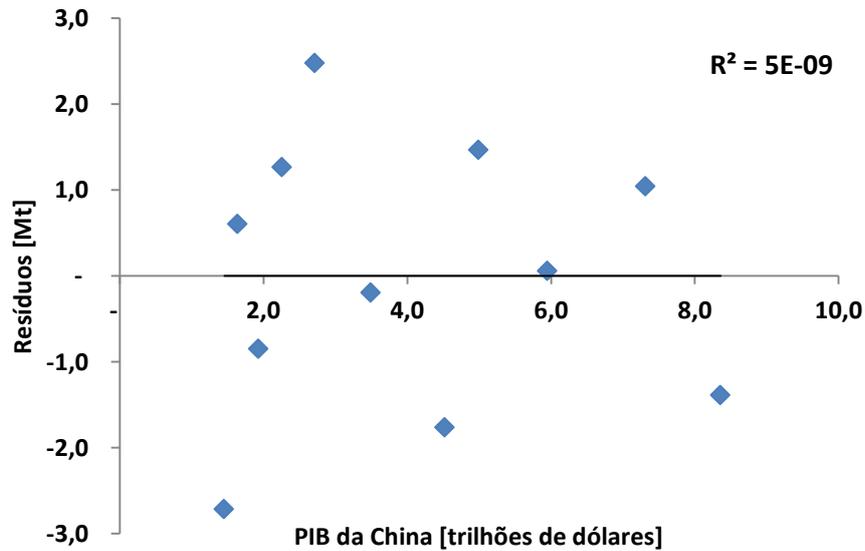


**Fonte: elaborado pelo autor**

Seguindo os conceitos apresentados no Capítulo 3, verificou-se por meio de análise visual a inexistência de pontos *outlier*, que, caso estivessem presentes, deveriam ser removidos, uma vez que podem comprometer os resultados da análise. Em seguida foram elaborados dois gráficos: o primeiro correlacionando os valores dos resíduos com os da variável independente e o segundo apresentando a dispersão dos resíduos em relação à reta de valor zero.

Do Gráfico 13 conclui-se que não existe correlação entre os resíduos e os valores da variável independente, uma vez que o  $R^2$  da correlação é muito pequeno ( $R^2 \ll 0,01$ ).

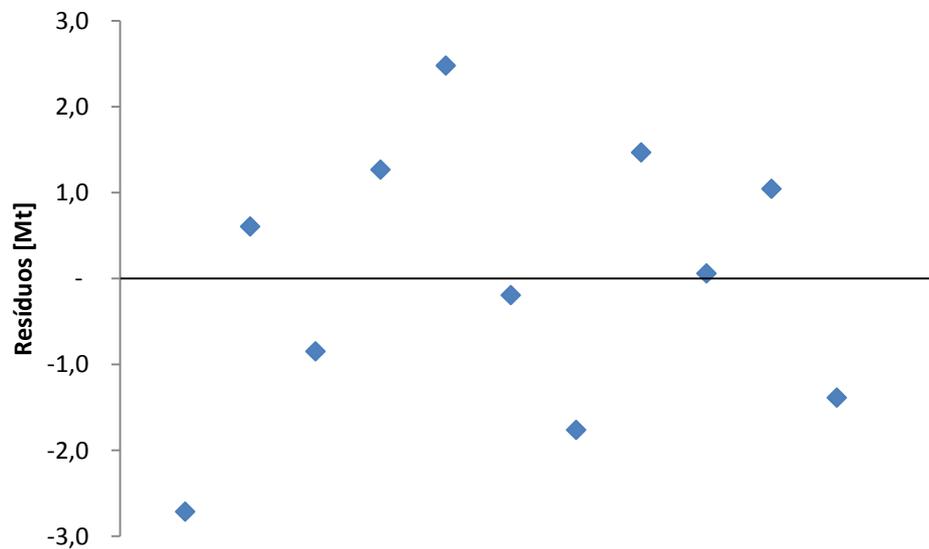
**Gráfico 13: Correlação entre os resíduos e a variável independente (PIB da China)**



**Fonte: elaborado pelo autor**

O mesmo pode ser observado a partir dos resultados obtidos no Gráfico 14, uma vez que os valores dos resíduos estão distribuídos de maneira aleatória em relação ao zero.

**Gráfico 14: Distribuição dos resíduos**



**Fonte: elaborado pelo autor**

Passadas essas etapas de verificação da regressão obtida, deve-se buscar indicadores que comprovem a relevância da equação encontrada.

A partir do Gráfico 12 pode-se observar que o  $R^2$  encontrado na correlação entre as variáveis é bem elevado (0,91) o que dá fortes indicações que a equação linear obtida

$$Y = 15,3 + 2,168X$$

pode ser utilizada para prever os valores futuros das exportações de soja em grão brasileira. Apesar deste indício, somente após a realização de um teste estatístico é que se pode tomar a decisão de utilizá-la ou não.

Com o uso do software Minitab foi realizada a análise de variância da regressão em questão. Os resultados obtidos podem ser vistos na Tabela 4.

**Tabela 4: Análise de variância da regressão para intervalo de confiança de 95**

Fonte	GL	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	P
Modelo	1	264,485	264,485	97,206	< 0,0001
Erro	9	24,488	2,721		
Total corrigido	10	288,973			

**Fonte: elaboração própria**

Como o valor de p encontrado é muito pequeno ( $p < 0,0001$ ) pode-se refutar a hipótese de que a equação não possui poder explicativo sobre as variáveis. Isto significa que para um intervalo de 95% de confiança, intervalo considerado na análise, a equação obtida pode ser utilizada para previsão das exportações de soja em grão brasileiras.

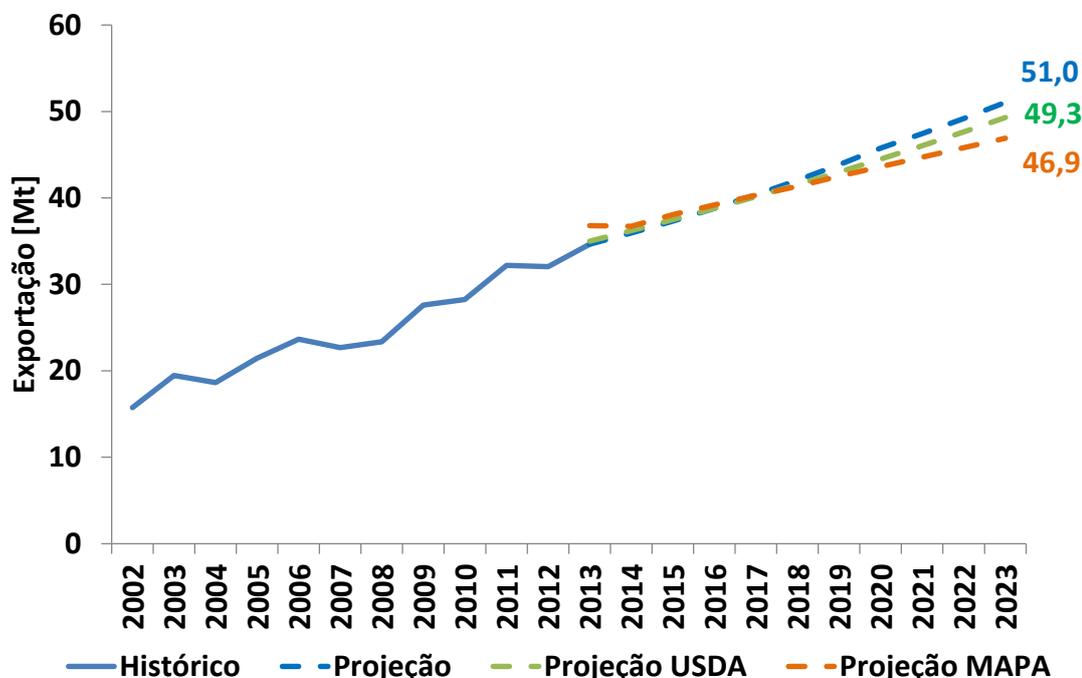
Uma vez validada a equação que rege o comportamento entre as variáveis pode-se projetar a evolução do PIB chinês e a partir destes valores, prever o comportamento da variável dependente. Adotando-se as taxas de crescimento<sup>15</sup> previstas por Ward (2012) para o crescimento do PIB chinês e aplicando a equação que rege o comportamento da regressão, projeta-se que as exportações brasileiras deverão crescer a taxas de 4% ao ano durante a próxima década, atingindo o volume de 51 Mt em 2023.

Comparando-se os resultados obtidos com as previsões realizadas em 2013 tanto pelo MAPA (2013) como pelo USDA (2013) nota-se que o valor projetado, com base no modelo de regressão linear desenvolvido, parece apresentar consistência uma vez que a diferença máxima para os volumes previstos em 2023 são de 8% para o MAPA e apenas 3% para o

<sup>15</sup> De acordo com o relatório “O mundo em 2050” divulgado pelo banco HSBC em janeiro de 2012 as taxas de crescimento do PIB Chinês previstas para os decênios (2010-2020) e 2020-2030 são de 6,7% e 5,5% respectivamente.

órgão norte americano. O Gráfico 15 mostra a comparação entre as previsões deste estudo e as realizadas pelas entidades supracitadas.

**Gráfico 15: Comparação entre diferentes fontes das previsões das exportações de soja em grão brasileira**



Fonte: elaborado pelo auto com base nos dados MAPA (2013) e USDA (2013)

Esse volume previsto será composto pela somatória das exportações realizadas por todas as regiões do país. Para saber qual parcela do volume total será alocado a cada uma foi realizada uma análise para identificação da tendência de expansão da fronteira agrícola e alocação dos volumes projetados entre as mesorregiões analisadas.

### 6.1.3 Projeção das exportações por mesorregião

Após realizar a projeção das exportações em nível nacional, é necessário que se faça a alocação destes volumes entre as mesorregiões identificadas no início deste capítulo.

Visando incorporar a tendência de expansão da fronteira agrícola nacional, realizou-se uma análise para identificar quais são as mesorregiões localizadas nessas áreas. Utilizando-se as taxas de crescimento da produção entre os anos de 2001 e 2011 puderam ser identificadas as mesorregiões que se localizam na fronteira agrícola. Essas mesorregiões são as que apresentam as maiores taxas de crescimento no período analisado, uma vez que o seu

desenvolvimento é mais recente. Essa premissa foi identificada com base nas taxas de crescimento observadas no Estado do Mato Grosso para a década de 90. Por outro lado, as menores taxas de crescimento representam as regiões onde o cultivo da soja já está consolidado, apresentando crescimento marginal em comparação ao crescimento das regiões de fronteira agrícola.

Em concordância com a informação apresentada no Capítulo 5, os resultados desta análise apontam que as maiores taxas de crescimento estão nas mesorregiões que compõem a fronteira agrícola do MAPITOBA. Já as menores taxas foram encontradas nos Estados pioneiros no cultivo do grão como Paraná e Rio Grande do Sul.

Tendo como base a análise realizada foram projetadas as participações relativas que cada mesorregião deve possuir em 2023.

Para determinação dos volumes de exportação de soja em grão que será originado em cada mesorregião, considerou-se que todas as mesorregiões do país são responsáveis pela mesma parcela de produção e exportação do grão.

As previsões das exportações obtidas para as principais mesorregiões analisadas são mostradas na Tabela 5.

**Tabela 5: Projeção das exportações de soja por mesorregião**

<b>Mesorregião</b>	<b>Participação atual (2011)</b>	<b>Participação Futura (2023)</b>	<b>Previsão das Exportações em 2023 [t]</b>
Norte Mato-grossense – MT	19%	17%	8.796.528
Noroeste Rio-grandense – RS	11%	9%	4.344.794
Extremo Oeste Baiano – BA	5%	6%	2.905.660
Sul Goiano – GO	8%	7%	3.420.505
Nordeste Mato-grossense – MT	4%	7%	3.359.517
Sudoeste de Mato Grosso do Sul - MS	5%	5%	2.542.402
Sul Maranhense – MA	2%	3%	1.772.434
Sudeste Mato-grossense – MT	5%	4%	2.109.089
Leste Goiano – GO	2%	3%	1.580.423
Oeste Paranaense – PR	5%	3%	1.765.567
Sudoeste Piauiense – PI	2%	3%	1.468.624
Noroeste de Minas – MG	1%	3%	1.438.736
Norte Central Paranaense – PR	3%	3%	1.353.613
Oriental do Tocantins – TO	1%	2%	1.064.815
Centro Ocidental Paranaense – PR	3%	2%	1.060.281
Centro Oriental Paranaense - PR	2%	2%	841.140
Centro-Sul Paranaense - PR	2%	2%	810.057

Continua

Mesorregião	Participação atual (2011)	Participação Futura (2023)	Previsão das Exportações em 2023 [t]
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba - MG	2%	2%	871.237
Oeste Catarinense – SC	1%	2%	785.608
Centro Ocidental Rio-grandense – RS	2%	1%	765.726
Norte Pioneiro Paranaense – PR	2%	1%	735.390
Sudoeste Paranaense – PR	2%	1%	733.655
Sudeste Paranaense – PR	1%	1%	650.632
Nordeste Rio-grandense – RS	1%	1%	586.102
Centro Norte de Mato Grosso do Sul - MS	1%	1%	507.394
<b>Representatividade das mesorregiões</b>	<b>90%</b>	<b>91%</b>	<b>46.269.929</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Conhecendo-se as previsões de exportação por mesorregião, foi realizada a alocação destes volumes nos centroides identificados no Quadro 5. No caso das mesorregiões que apresentam mais de um centroide, optou-se pela divisão igualitária dos volumes projetados, entre ambos os municípios.

Os resultados obtidos após essa alocação podem ser vistos na Tabela 6.

**Tabela 6: Previsão das exportações de soja em grãos por centróide**

Município polo	Previsão das exportações 2023 [t]
Sapezal	4.398.264
Cruz Alta	5.696.622
Jataí	3.420.505
Maracaju	2.542.402
Primavera do Leste	2.109.089
Barreiras	2.905.660
Cascavel	4.094.887
Canabrava do Norte	1.679.759
Maringá	4.641.056
Uberlândia	871.237
Balsas	1.772.434
Brasília	3.019.159
Bom Jesus	1.468.624
Campos Lindos	1.064.815
Campo Grande	507.394
Sorriso	4.398.264
Água Boa	1.679.759
<b>TOTAL</b>	<b>46.269.929</b>

Fonte: elaborado pelo autor

#### 6.1.4 Identificação dos principais portos

Uma vez conhecidos os centros originadores de carga devem ser apresentados os portos que serão os pontos de destino das rotas de escoamento.

No presente estudo foram considerados como potenciais destinos de uma rota todos os portos brasileiros que exportaram soja em grão no ano de 2012. Segundo os dados de movimentação portuária, divulgados pela ANTAQ, toda a exportação de soja em grão brasileira ocorreu através de dez portos. Outros portos de navegação interior, como o porto de Porto Velho (RO), também movimentaram esse produto, porém não realizaram exportações, uma vez que são utilizados como pontos de transbordo de carga.

A Tabela 7 mostra o volume exportado em cada porto.

**Tabela 7: Portos que exportaram soja em grão em 2012**

<b>Porto</b>	<b>Exportações em 2012 (t)</b>
Santos	11.333.147
Paranaguá	6.627.234
Rio Grande	3.803.328
São Francisco do Sul	3.321.150
Itaqui	2.744.687
Vitória	2.358.258
Aratu	1.721.014
Itacoatiara	1.370.071
Santarém	873.005
Ilhéus	27.364

**Fonte: elaborado pelo autor com base em dados da ANTAQ<sup>16</sup>**

Apesar de não ter realizado exportação de soja em grão em 2012 o porto de Vila do Conde (PA) foi considerado como um potencial exportador da carga no cenário futuro (2023). Essa premissa está baseada nos recentes estudos realizados pela ANTAQ que prevêem a licitação de um terminal dedicado à exportação de grãos vegetais no porto.

Visando avaliar o possível potencial para as exportações de grãos pelos portos da região Nordeste, criado pela conclusão da ferrovia Nova Transnordestina, considerou-se a possibilidade de exportação de soja em grão pelo Porto de Suape (PE).

<sup>16</sup> Agência Nacional de Transportes Aquaviários

O Quadro 7 localiza no mapa os portos que foram considerados como potenciais destinos para as exportações de soja em grão brasileira adotados no presente estudo.

**Quadro 7: Portos com potencial para escoamento de soja em grão**



**Fonte: Elaboração própria**

Com base no lote médio dos navios carregados no ano de 2012 e nas profundidades ofertadas pelos portos acima mencionados, foram determinadas quais os portes dos navios atendidos em cada porto. A Tabela 8 mostra quais foram os valores adotados.

**Tabela 8: Porte dos navios que acessam os portos analisados (DWT)<sup>17</sup>**

<b>Porto</b>	<b>Classe do navio</b>	<b>Cenário (2011)</b>	<b>Classe do navio</b>	<b>Cenário (2023)</b>
Rio Grande	Panamax	50.000	Capesize	80.000
São Francisco do Sul	Panamax	50.000	Capesize	80.000
Paranaguá	Panamax	50.000	Capesize	80.000
Santos	Panamax	50.000	Capesize	80.000
Vitória	Panamax	50.000	Capesize	80.000
Ilhéus	Panamax	50.000	Capesize	80.000

Continua

<sup>17</sup> *Dead Weight Tonnage* é a medida do peso de carga, em toneladas, que pode ser transportada por um determinado navio.

<b>Porto</b>	<b>Classe do navio</b>	<b>Cenário (2011)</b>	<b>Classe do navio</b>	<b>Cenário (2023)</b>
Aratu	Panamax	50.000	Capesize	80.000
Suape	Panamax	50.000	Capesize	80.000
Itaqui	Panamax	50.000	Capesize	80.000
Vila do Conde	Panamax	50.000	Capesize	80.000
Santarém	Panamax	50.000	Panamax	50.000
Itacoatiara	Handymax	40.000	Handymax	40.000

**Fonte: Elaboração própria**

Projeta-se que no cenário futuro todos os portos estarão aptos a receber navios de grande porte (Capesize), que proporcionam ganhos de escala no frete marítimo em relação aos navios Panamax.

Nota-se que apenas para os portos de Santarém (PA) e Itacoatiara (AM) não foram previstos navios de porte maior no cenário futuro de 2023. Essa premissa tem como base as limitações existentes no acesso aquaviário (baixa profundidade do canal de acesso) a estes portos, que não permite a entrada de navios de grande porte.

## 6.2 Corredores de Exportação

Após terem sido identificados os pontos de origem e destino das cargas, serão apresentadas as principais rotas utilizadas para o escoamento das exportações de soja em grão do país e, em seguida, projetadas as rotas futuras que devem ser viabilizadas em decorrência da conclusão das obras identificadas no Capítulo 5.

### 6.2.1 Cenário atual

Nesta seção serão caracterizados os principais corredores logísticos utilizados atualmente no escoamento da produção de soja das regiões Sul, Centro-Oeste e Norte/Nordeste (MAPITOBA).

Visando dar maior celeridade na coleta de dados e focar esforços no estudo das rotas mais utilizadas considerou-se que portos que representaram menos de 10% das exportações de um Estado no ano de 2011 não serão considerados como destinos das rotas a serem analisadas.

A Tabela 9 mostra quais foram os portos utilizados para exportação de soja em grão pelos Estados analisados.

**Tabela 9: Portos utilizados para exportação da soja em grão por UF em 2011**

UF	Participação do Porto	Volume exportado (t)
<b>BAHIA</b>		
Porto de Aratu	77%	1.488.007
Porto de Vitória	17%	322.027
Outros portos	7%	125.950
<b>GOIAS</b>		
Porto de Santos	60%	1.406.424
Porto de Vitória	38%	888.623
Outros portos	2%	44.781
<b>MARANHAO</b>		
Porto de Itaqui	100%	1.241.826
Outros portos	0%	0
<b>MATO GROSSO</b>		
Porto de Santos	66%	6.048.383
Porto de Itacoatiara	11%	985.634
Porto de Vitória	10%	859.404
Porto de Paranaguá	10%	839.105
Outros portos	3%	286.552
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>		
Porto de Santos	40%	553.898
Porto de Paranaguá	35%	492.851
Porto de São Francisco do Sul	24%	337.346
Outros portos	1%	7.612
<b>PARANA</b>		
Porto de Paranaguá	77%	5.393.679
Porto de São Francisco do Sul	22%	1.550.604
Outros portos	1%	38.086
<b>PIAUI</b>		
Porto de Itaqui	100%	185.845
Outros portos	0%	0
<b>RIO GRANDE DO SUL</b>		
Porto de Rio Grande	97%	5.689.567
Outros portos	3%	176.952
<b>TOCANTINS</b>		
Porto de Itaqui	97%	694.451
Outros portos	3%	18.444

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do MDIC (2013)

A seguir serão caracterizadas por regiões as rotas de escoamento mais utilizadas, que serão analisadas no cenário atual (2011).

### **6.2.1.1 Região Sul**

Dentre as regiões supracitadas a região Sul é a que apresenta as melhores condições nos acessos aos principais portos da região, uma vez que todas as principais regiões produtoras tem conexão rodoviária e ferroviária para os portos da região: Paranaguá (PR), São Francisco do Sul (SC) e Rio Grande (RS).

Uma característica interessante da região é o fato dos portos de Paranaguá (PR) e São Francisco do Sul (SC) estarem localizados muito próximos geograficamente, fazendo com que os dois praticamente formem um complexo portuário único.

#### **Paraná - PR**

As principais vias utilizadas para o escoamento da produção originada no Estado do Paraná com destino aos portos de Paranaguá e São Francisco do Sul são as rodovias BR-277 e BR-376 e os trechos da malha Sul da ALL e Ferroeste.

#### **Rio Grande do Sul - RS**

No caso das cargas originadas no Estado do Rio Grande do Sul a rota de escoamento mais utilizada é a rodoviária, por meio da BR-158 e BR-392 que conectam a região noroeste do estado ao porto de Rio Grande (RS). Além da opção rodoviária o porto de Rio Grande (RS) também pode ser acessado via ferroviária pela malha sul da ALL ou pelo modal hidroviário, utilizando-se o transporte de barças<sup>18</sup>.

A Figura 6 apresenta uma visão geral das rotas supracitadas e da malha de transportes utilizadas pela região no escoamento da sua produção.

---

<sup>18</sup> As barças transportam as cargas do porto de Estrela (RS) (porto de navegação interior) até o porto Marítimo de Rio Grande, cruzando a Lagoa dos Patos.

**Figura 6: Rotas de escoamento utilizadas pela região Sul.**



Fonte: elaborado pelo autor

#### 6.2.1.2 Região Centro-Oeste

Como visto anteriormente, a região Centro Oeste concentra a maior parcela da produção nacional de soja e é a região que possui maior distância média entre as mesorregiões produtoras e os principais portos exportadores.

##### **Mato Grosso do Sul - MS**

As cargas originadas no Estado do Mato Grosso do Sul, podem optar pela utilização da rodovia BR-267 e BR-153 ou BR2-77 para acessar os portos mais próximos: Paranaguá(PR) e São Francisco do Sul (SC). Porém, as opções mais utilizadas são as rodovias SP-270 e SP-290 e a ferrovia Ferronorte que dão acesso ao porto de Santos (SP).

##### **Goiás - GO**

A produção do Estado de Goiás é escoada principalmente por três portos: Santos (SP), Vitória (ES) e Paranaguá (PR). A rota para acessar o primeiro porto utiliza-se da

intermodalidade rodo-hidro-ferroviária. Partindo do interior do Estado pelo modal rodoviário a carga chega ao município de São Simão (GO), localizado às margens do Rio Paranaíba, onde é transbordada para barcaças e segue viagem pelos rios Paraná e Tietê até o município de Pederneiras (SP). Em seguida é transbordada para o modal ferroviário e segue caminho até o porto de Santos (SP). Outra opção é utilizar o modal rodoviário, que por meio das rodovias BR-050 e SP-330 dá acesso ao porto paulista.

As cargas originadas no Estado utilizam também o modal ferroviário por meio da Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) para acessar o complexo portuário de Vitória (ES).

### **Mato Grosso - MT**

O principal Estado produtor do país também é o que apresenta maior número de opções de rotas de escoamento.

A rota mais utilizada é intermodal, composta pela combinação rodo-ferroviária, e dá acesso ao porto de Santos. Partindo do interior do Estado as cargas chegam até o município de Alto Taquari (MT) onde são transbordadas para vagões que seguem caminho pela ferrovia Ferronorte até chegarem ao porto de Santos (SP). Essa rota é mais utilizada pelas cargas originadas na porção Centro-Sul do Estado.

Outra opção de escoamento é utilizar a combinação rodo-hidroviária. Partindo do interior do Estado pelo modal rodoviário as cargas chegam ao município de Porto Velho (RO), onde são transbordadas para barcaças e transportadas pela hidrovía do Rio Madeira até atingirem o porto de Itacoatiara (AM). Ao chegar neste porto as cargas são transferidas do interior das barcaças para os armazéns do terminal portuário, para posteriormente serem enviadas ao porão dos navios graneleiros que farão o transporte marítimo internacional. Essa rota é mais utilizada para as cargas originadas na porção ocidental do Estado.

Cargas originadas na porção oriental do Estado podem seguir pelo modal rodoviário até o município de Uberlândia (MG) e a partir daí continuarem viagem pelas ferrovias Estrada de Ferro Vitória Minas até atingirem o porto de Vitória (ES).

A utilização da BR-163 é outra rota de escoamento possível, que permite a conexão ao porto de Santarém (PA). Pelo fato da rodovia ainda não estar pavimentada, sua utilização como opção para o escoamento da produção do centro norte mato-grossense ainda não está plenamente consolidada.

Outra opção para o escoamento é o transporte das cargas pelo modal rodoviário, cruzando os Estados do Mato Grosso do Sul e Paraná até atingirem os portos de Paranaguá (PR) e São Francisco do Sul (SC).

A Figura 7 apresenta uma visão geral das rotas supracitadas e da malha de transportes utilizadas pela região no escoamento da sua produção.

**Figura 7: Rotas de escoamento utilizadas pela região Centro Oeste.**



Fonte: elaborado pelo autor

### 6.2.1.3 Região Norte/Nordeste (MAPITOBA)

Os principais portos utilizados pela região do MAPITOBA para exportação da soja são: Itaqui (MA) e Aratu (BA).

A rota que dá acesso ao porto maranhense inicia-se pelo modal rodoviário na ligação entre o as regiões produtoras e o município de Araguaína (TO). Em Araguaína as cargas são transbordadas para vagões e seguem viagem pelas ferrovias Norte-Sul e Estrada de Ferro Carajás até chegarem ao porto. Essa rota é mais utilizada pelas cargas originadas no sul dos Estados do Maranhão e Piauí e norte do Estado do Tocantins.

Para acessarem o porto de Aratu as cargas utilizam-se do modal rodoviário por meio da rodovia BR-242. Essa rota é mais utilizada pelas cargas originadas no oeste baiano, próximas ao município de Barreiras (BA).

A Figura 8 apresenta uma visão geral das rotas supracitadas e da malha de transportes utilizadas pela região no escoamento da sua produção.

**Figura 8: Rotas de escoamento utilizadas pela região do MAPITOBA.**



Fonte: elaborado pelo autor

## **6.2.2 Cenário futuro (2023)**

Esta seção tem como função a caracterização das futuras rotas de escoamento, que devem ser viabilizadas após a conclusão das obras apresentadas no capítulo 5.

Da mesma forma que foi realizado anteriormente, serão descritas as potenciais novas rotas em cada uma das regiões analisadas.

### **6.2.2.1 Região Sul**

As principais obras identificadas no Capítulo 5 têm como prioridade facilitar e dar mais opções ao escoamento das produções originadas nas regiões Centro Oeste e Norte/Nordeste do país. Com isso, estima-se que seus impactos na malha de transportes da região Sul possam ser considerados como inócuos no âmbito deste estudo, uma vez que não possibilitam o surgimento de novas rotas alternativas.

Desta forma, na elaboração do cenário futuro (2023), as rotas a serem consideradas para o escoamento das produções dos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul são as mesmas que foram previamente apresentadas na seção anterior.

### **6.2.2.2 Região Centro Oeste**

Diferentemente do previsto para a região Sul, projeta-se que região Centro irá apresentar novas rotas alternativas para o escoamento de sua produção.

#### **Mato Grosso do Sul - MS**

Para a produção originada no Estado do Mato Grosso do Sul não foram identificadas novas alternativas de escoamento. Desta forma, no cenário futuro projeta-se que as cargas utilizarão as mesmas rotas que foram apresentadas na seção anterior.

### **Goiás – GO**

A principal obra de infraestrutura que deverá viabilizar a utilização de uma nova rota para as cargas produzidas no Estado de Goiás será a extensão de dois trechos da Ferrovia Norte Sul: o primeiro ligando os municípios de Anápolis (GO) ao de Porto Nacional (TO), e o segundo conectando o entroncamento ferroviário no município de Açailândia (MA) com o porto de Vila do Conde (PA).

Essa nova alternativa utilizará a combinação de modais rodo-ferroviário, uma vez que as cargas originadas no interior do Estado deverão ser transportados por rodovia até o município de Anápolis (GO), de onde seguem viagem por ferrovia até os portos de Itaquí (MA) ou Vila do Conde (PA).

Além desta nova rota alternativa, projeta-se que todas as outras rotas mencionadas no início desta seção também estarão disponíveis para o escoamento da produção do Estado de Goiás.

### **Mato Grosso – MT**

As principais obras que deverão auxiliar nessa criação de novas alternativas são: a pavimentação da rodovia BR-163 e a finalização das eclusas<sup>19</sup> da Usina Hidroelétrica de Tucuruí (PA) permitindo a plena utilização da hidrovia do Araguaia.

A pavimentação da BR-163 permitirá que a rota, que liga a região centro norte mato-grossense ao porto de Santarém (PA), seja plenamente consolidada. Além disso, com a dragagem da hidrovia que liga o porto de Miritituba (PA) aos portos de Santarém (PA) e Vila do Conde (PA) uma nova rota rodo-hidroviária será criada.

A conclusão das obras das eclusas de Tucuruí deve criar outra rota intermodal rodo-hidroviária que ligará a região nordeste mato-grossense ao porto de Vila do Conde (PA). A rota inicia-se no interior do estado onde as cargas seguem pelo modal rodoviário até o município de São Félix do Araguaia (MT), onde são transbordadas para barcaças, que levam a carga até o porto de Vila do Conde (PA).

---

<sup>19</sup> Eclusas são obras de engenharia que permitem que embarcações ultrapassem desníveis entre trechos de rio, ou entre mares.

Além destas novas rotas alternativas, projeta-se que todas as outras rotas mencionadas no início desta seção também estarão disponíveis para o escoamento da produção do Estado do Mato Grosso.

A Figura 9 apresenta uma visão geral das rotas supracitadas e da projeção da malha de transportes a ser utilizada pela região no escoamento da sua produção.

**Figura 9: Novas rotas de escoamento projetadas para o escoamento da região Centro Oeste.**



Fonte: elaborado pelo autor

### 6.2.2.3 Região Norte/Nordeste (MAPITOBA)

Para a região Norte/Nordeste foram identificadas três novas rotas de escoamento, que irão conectar as regiões produtoras aos portos de Vila do Conde (PA), Suape (PE) e Ilhéus (BA).

As obras de infraestrutura que devem proporcionar essa criação de novas rotas ocorrem no modal ferroviário com a conclusão das obras da Nova Transnordestina ligando o município

de Eliseu Martins (PI) aos portos de Suape (PE) e Pecém (CE), construção da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) que conecta o município de Barreiras (BA) ao porto de Ilhéus (BA) e com a construção do trecho que liga o entroncamento ferroviário em Açailândia (MA) com o porto de Vila do Conde (PA).

Todas as rotas serão intermodais compostas por um trecho inicial rodoviário seguido de um ferroviário, até a chegada da carga nos portos mencionados anteriormente.

Além destas novas rotas alternativas, projeta-se que todas as outras rotas mencionadas no início desta seção também estarão disponíveis para o escoamento da produção da região do MAPITOBA.

A Figura 10 apresenta uma visão geral das rotas supracitadas e da projeção da malha de transportes a ser utilizada pela região no escoamento da sua produção

**Figura 10: Novas rotas de escoamento projetadas para o escoamento da região Norte/Nordeste (MAPITOBA).**



Fonte: elaborado pelo autor

### 6.3 Custos totais de transportes

Com base nos conceitos apresentados no capítulo 3, nesta seção serão determinados os custos totais de transporte para cada rota analisada. Para isso devem ser definidos os valores dos parâmetros  $C_i$  e  $D_i$  e  $C_{ti}$ , propostos na metodologia de Reis (2011).

$C_i$  : os valores de  $C_i$  (custo do modal i) foram obtidos utilizando-se como base os valores de fretes divulgados pelo Sistema de Informações de Fretes (Sifreca)<sup>20</sup> para cada um dos modais analisados.

$D_i$ : os valores de  $D_i$  (distâncias percorridas pelo modal i) foram calculados com base nas distâncias percorridas pelos modais nas rotas formadas entre cada centróide e os portos considerados na análise.

Em seguida foram determinadas as quantidades e os custos de transbordos ( $C_{ti}$ ) que seriam realizados em cada rota considerada.

Visando o desenvolvimento de uma análise mais sistêmica em que fossem considerados todos os custos de transporte, desde a origem da carga até seu destino final, optou-se pela inclusão de outros dois custos adicionais, que até então não haviam sido destacados: o custo do transporte marítimo e o custo com pedágios.

#### 6.3.1 Definição dos parâmetros

##### Rodoviário

Para o cálculo dos custos do modal rodoviário, foram consideradas 665 cotações de fretes divulgadas pelo Sifreca (2012) para o transporte de soja em grão realizado em território brasileiro.

A partir dos dados obtidos, com auxílio do roteirizador disponível na internet (*Map Link*<sup>21</sup>), foram determinadas as distâncias percorridas entre os municípios analisados, para que então se encontrasse a curva que correlaciona a distância percorrida com o custo em R\$/t.

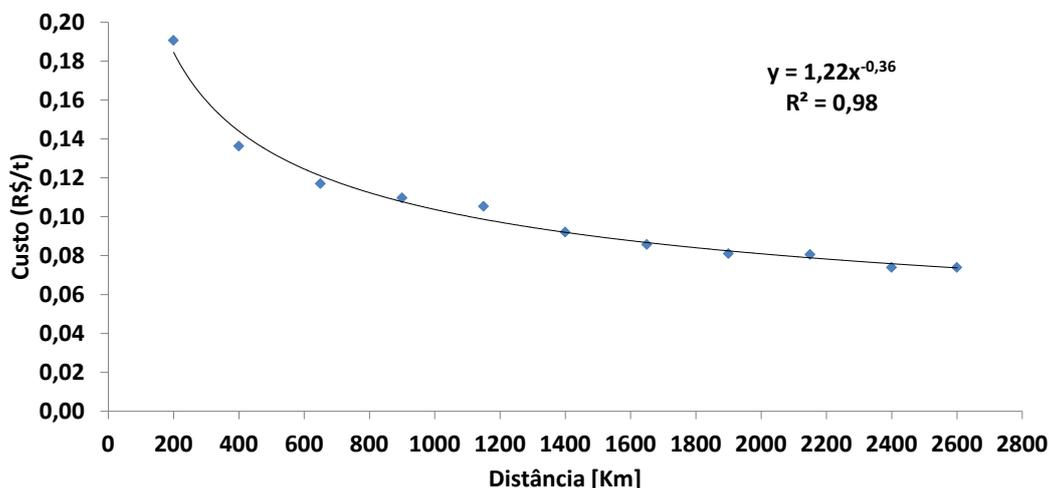
---

<sup>20</sup> O Sifreca é coordenado pelo Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESAL-LOG) da USP.

<sup>21</sup> Roteirizador disponível em <http://www.viafacil.com.br/para-voce/roteirizador/> acessado em 22/09/2013.

Para reduzir a possível interferência causada pelos pontos *outliers* realizou-se a divisão das cotações em intervalos de distâncias (de 200 km) e utilizou-se o valor médio cobrado por intervalo. O Gráfico 16 mostra o resultado obtido.

**Gráfico 16: Curva de frete rodoviário**



**Fonte: Sifreca (2012). Elaborado pelo autor**

Observa-se que existe uma boa correlação entre a equação obtida e os pontos do gráfico ( $R^2=0,98$ ). Desta forma foi considerado que os custos em reais por tonelada para uma dada distância percorrida serão determinados pela equação:

$$C_r = 1,22 \times D_r^{-0,36}$$

onde  $C_r$  é o custo total em R\$/t e  $D_r$  é a distância rodoviária percorrida.

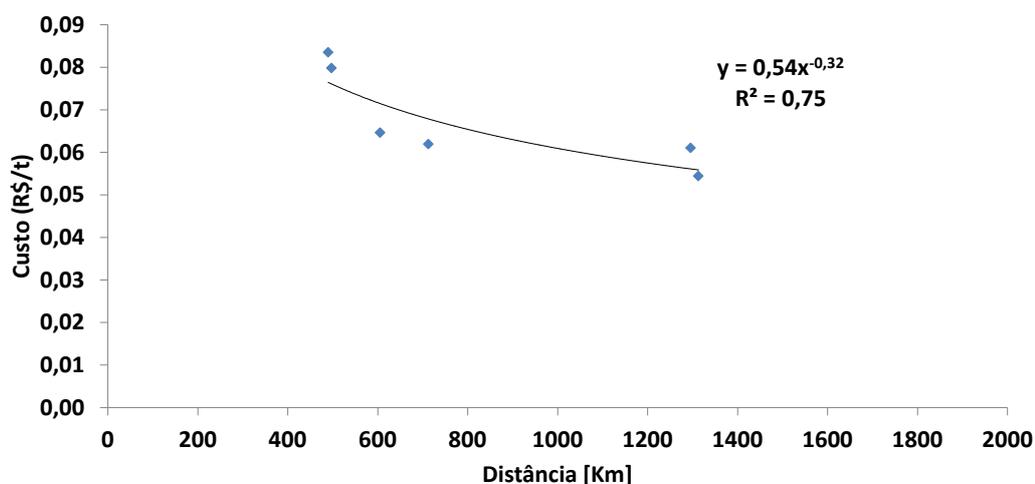
Para evitar que distâncias muito elevadas apresentem tarifas muito baixas (fora dos padrões do mercado) optou-se por limitar o valor mínimo a ser cobrado. Tomando-se como base os menores valores observados nos dados de fretes coletados, para os fretes rodoviários esse valor é igual a R\$ 0,075/t/Km.

### **Ferrovário**

Para o cálculo dos custos do modal ferroviário, foram consideradas 5 cotações de fretes divulgadas pelo Sifreca para o transporte de soja em grão realizado em território brasileiro.

O Gráfico 17 mostra o resultado obtido.

Gráfico 17: Curva de frete ferroviário



Fonte: Sifreca (2012). Elaborado pelo autor

Observa-se que existe correlação entre a equação obtida e os pontos do gráfico ( $R^2=0,75$ ). Desta forma foi considerado que os custos em reais por tonelada para uma dada distância percorrida serão determinados pela equação:

$$C_f = 0,54 \times D_f^{-0,32}$$

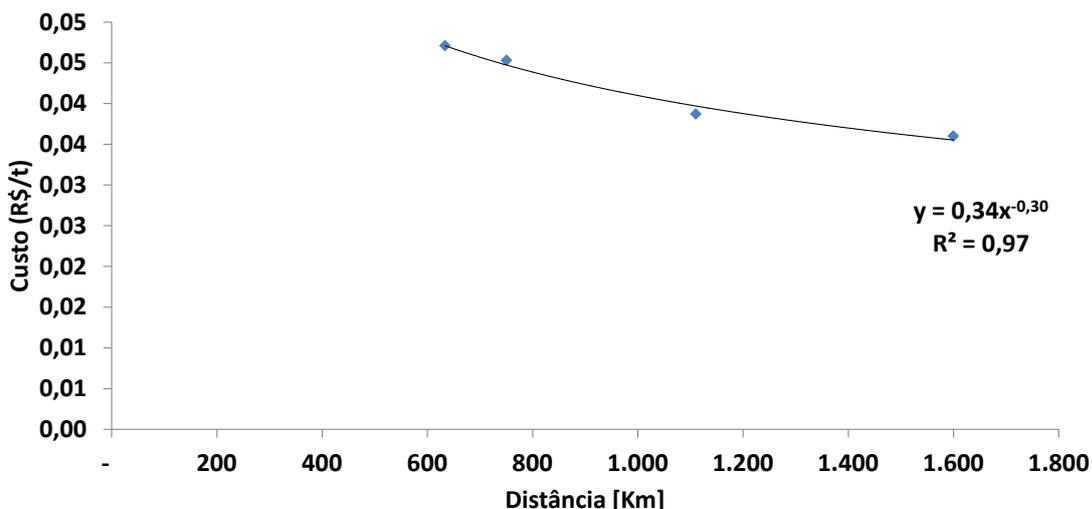
onde  $C_f$  é o custo total em R\$/t e  $D_f$  é a distância ferroviária percorrida.

Para evitar que distâncias muito elevadas apresentem tarifas muito baixas (fora dos padrões do mercado) optou-se por limitar o valor mínimo a ser cobrado. Tomando-se como base os menores valores observados nos dados de fretes coletados, para os fretes ferroviários esse valor é igual a R\$ 0,054/t/Km.

### Hidroviário

Para o cálculo dos custos do modal ferroviário, foram consideradas 4 cotações de fretes divulgadas pelo Sifreca para o transporte de soja em grão realizado em território brasileiro.

O Gráfico 18 mostra o resultado obtido.

**Gráfico 18: Curva de frete hidroviário**

**Fonte: Sifreca (2012). Elaborado pelo autor**

Observa-se que existe correlação entre a equação obtida e os pontos do gráfico ( $R^2=0,97$ ). Desta forma foi considerado que os custos em reais por tonelada para uma dada distância percorrida serão determinados pela equação:

$$C_h = 0,34 \times D_h^{-0,30}$$

onde  $C_h$  é o custo total em R\$/t e  $D_h$  é a distância hidroviária percorrida.

Para evitar que distâncias muito elevadas apresentem tarifas muito baixas (fora dos padrões do mercado) optou-se por limitar o valor mínimo a ser cobrado. Tomando-se como base os menores valores observados nos dados de fretes coletados, para os fretes hidroviários esse valor é igual a R\$ 0,040/t/Km.

### **Custo Marítimo**

Na tentativa de sofisticar a análise do trabalho, o autor também considerou o custo marítimo existente entre o porto exportador brasileiro e o porto internacional de destino. Essa premissa tem como fundamento o conceito de que todos os custos, entre a origem e o destino final da carga, devem ser considerados quando for tomada a decisão de escolha de uma determinada rota.

Em cada cenário (atual e futuro) Para estimativa do cálculo, algumas hipóteses e premissas foram adotadas:

- A rota internacional considerada tem o porto de Shangai (China)<sup>22</sup> como destino.
- Cotação do dólar R\$ 2,24<sup>23</sup>.
- Velocidade de navegação<sup>24</sup>:
  - 8 nós<sup>25</sup> para navegação interior
  - 15 nós para navegação marítima
- Classe do navio<sup>26</sup>/Porte(dwt)<sup>27</sup>/Time Charter (R\$/dia<sup>28</sup>)/Consumo de combustível (t/dia)<sup>29</sup>/Portos acessados para os navios considerados:
  - Handymax / 40.000 / 17.900 / 24 / acessa todos os portos
  - Panamax / 50.000 / 20.160 / 30 / acessa todos os portos
  - Capesize / 80.000 / 29.120 / 40 / não acessa os portos fluviais<sup>30</sup>
- Preços da tonelada do combustível: R\$1.339,00<sup>31</sup>
- Foram consideradas as tarifas portuárias divulgadas pelas Autoridades Portuárias de cada porto.
- Considerou-se um custo fixo de 9,5 dólares<sup>32</sup> associado à atividade de carregamento dos navios.

Tendo essas premissas em vista realizaram-se os cálculos de custos de frete marítimo. A Tabela 10 resume as estimativas de custos com frete marítimo para cada porto.

---

<sup>22</sup> Essa premissa está baseada no volume de soja em grão exportado pelo Brasil que tem o país asiático como principal destino (70%)

<sup>23</sup> Valor do fechamento da moeda na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) no dia 29/09/2013

<sup>24</sup> Premissa baseada em Stopford (2009) e ANTAQ (2012)

<sup>25</sup> Nó é uma medida de velocidade e tem valor igual a 1,852 Km/h

<sup>26</sup> Classes de navio definidas por Stopford (2009). Para determinação dos custos de frete marítimo atuais foram considerados navios das classes Handymax (40.000 dwt) e Panamax (50.000 dwt).

<sup>27</sup> DWT é uma medida de capacidade de carregamento

<sup>28</sup> Time charter é o valor diário de fretamento do navio

<sup>29</sup> Valores baseado em Stopford (2009)

<sup>30</sup> Considera-se que apenas os portos fluviais (Santarém e Itacoatiara) não serão acessados pelos navios Capesize

<sup>31</sup> Valor médio observado no site <http://www.bunkerworld.com/prices/>

<sup>32</sup> Valor praticado no Porto de Paranaguá, obtido em visita à Autoridade Portuária de Paranaguá - APPA.

**Tabela 10: Custo do frete marítimo para os portos analisados**

<b>Porto</b>	<b>Frete Marítimo 2011 (R\$/t)</b>	<b>Frete Marítimo 2023 (R\$/t)</b>
Rio Grande - RS	R\$ 117	R\$ 106
São Francisco do Sul - SC	R\$ 118	R\$ 107
Paranaguá - PR	R\$ 118	R\$ 107
Santos - SP	R\$ 118	R\$ 107
Vitória - ES	R\$ 119	R\$ 108
Ilhéus - BS	R\$ 118	R\$ 107
Aratu - BA	R\$ 118	R\$ 107
Suape - PE	R\$ 118	R\$ 107
Itaqui - MA	R\$ 123	R\$ 111
Vila do Conde - PA	R\$ 125	R\$ 113
Santarém - PA	R\$ 129	R\$ 129
Itacoatiara - AM	R\$ 137	R\$ 137

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Nota-se que, pelo fato dos portos fluviais apresentarem restrição de calado no acesso de navios de grande porte e apresentarem maior tempo de viagem até o porto chinês, apresentam custo frete marítimo mais elevado.

### **Custos de Transbordo**

Custos adicionais de transbordo são considerados quando uma transferência de carga entre diferentes modais é realizada.

Os custos adotados tomaram como base os valores apresentados pelo Plano Nacional de Integração Hidroviária, divulgado pela ANTAQ em fevereiro de 2013.

O custo de transbordo adotado foi de R\$2,80/t.

Com base nas curvas de fretes encontradas e no custo de transbordo das cargas resta apenas calcular as distâncias percorridas por cada modal nas rotas analisadas para obtenção dos custos logísticos totais de cada rota.

### **Distâncias**

No cálculo das distâncias rodoviárias de cada rota foi utilizado o software *Map Link*, disponível gratuitamente na internet, que faz o roteiro entre os municípios tendo como premissa utilizar o percurso de menor tempo entre um dado par origem-destino.

Como os dados utilizados na construção da curva de frete rodoviário não incluem gastos com as tarifas de pedágio, utilizou-se das informações fornecidas pelo roteirizador para calculá-los. Tendo como base as praças de pedágio que cada rota iria passar (informação disponibilizada pelo roteirizador) identificou-se qual seria o custo total associado aos pedágios para o transporte da carga em um caminhão de 6 eixos<sup>33</sup>. Esses custos foram encontrados utilizando-se as tarifas de pedágio divulgadas pela Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias. Para a conversão dos custos com pedágio para a unidade R\$/t foi considerado que um caminhão de 6 eixos transporta em média 25 toneladas.<sup>34</sup>

Para a determinação das distâncias ferroviárias de cada rota analisada foram consultados os dados operacionais de toda a malha ferroviária nacional, disponibilizados pela ANTT em seu portal eletrônico.

A coleta de informações referentes às distâncias hidroviárias foi realizada em consulta aos bancos de dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e da ANTAQ.

A distância entre os portos brasileiros até o porto de Shanghai foi calculada com a utilização do software gratuito disponível na internet<sup>35</sup>.

### 6.3.2 Custo total do transporte

Após todos os parâmetros que compõem os custos de transportes terem sido determinados, chega-se à etapa de realizar propriamente os cálculos dos custos totais de transporte de cada rota.

Visando abranger a análise a outros custos de transporte, a equação proposta por Reis (2011) inicialmente adotada para representação do custo total de transporte sofreu algumas inserções ao longo da elaboração deste estudo e foi sendo modificada. A seguir são mostradas as alterações realizadas e qual é a equação final que será utilizada no cálculo dos custos totais de transporte de cada rota.

A equação original proposta pelo autor era:

---

<sup>33</sup> Caminhão típico utilizado no transporte de soja a granel.

<sup>34</sup> Valor baseado nos dados disponibilizados pelo DNIT, disponível em <http://www1.dnit.gov.br/Pesagem/qfv%20pdf.pdf>

<sup>35</sup> Disponível em <http://www.portworld.com/map/>. Acessado em 20/09/2013

$$C_T = \sum_i^n V_i \times D_i \times C_i + C_{ti} \quad (1)$$

Como todas as análises de custo são realizadas tendo como base o transporte de uma tonelada, pode-se remover o coeficiente  $V_i$  da equação anterior, uma vez que este terá sempre o valor unitário.

Decompondo-se a equação 1 em fatores, removendo o coeficiente  $V_i$  e fazendo a adição dos custos de frete marítimo e pedágios rodoviários, tem-se uma nova equação:

$$C_T = (D_r \times C_r) + (D_f \times C_f) + (D_h \times C_h) + C_{mp} + C_{ped} \quad (2)$$

onde  $C_T$  é o custo total do transporte,  $C_{mp}$  o custo marítimo a partir do porto  $p$ , e  $C_{ped}$  o custo total com pedágios, quando aplicável.

Tendo isso em vista, utilizou-se a equação 2 para determinação dos custos de transporte de cada rota identificada.

#### 6.4 Escolha das rotas

Como citado anteriormente, os custos logísticos são determinantes no processo de escolha das rotas que serão utilizadas para escoamento da produção da soja. Desta forma foi utilizado um critério para alocação dos volumes entre as possíveis rotas identificadas.

Com base no cruzamento dos dados de frete rodoviário do Sifreca e dados das exportações municipais do MDIC foi identificada a diferença máxima de custo de transporte que o exportador aceita pagar na escolha de uma determinada rota.

O resultado encontrado para uma análise feita com 10 cotações de fretes, mostrou que as diferenças máximas de valores eram de 10% entre uma mesma origem e diferentes portos. Isso significa que uma carga só escolherá uma dada rota se o custo de escoamento por esta for, no máximo, 10% superior ao menor custo de escoamento encontrado. Este percentual foi utilizado como fator limitante do número máximo de rotas a serem utilizadas por um determinado centroide.

Considerou-se que as rotas que apresentarem custos que estão dentro da margem de 10%, irão dividir de forma igualitária o volume de cargas originado por um mesmo centroide.

## 7 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após terem sido desenvolvidas todas as etapas de coleta e processamento dos dados primários, foram calculados os custos totais de transporte de cada rota, tanto no cenário atual (2011) como no cenário futuro (2023).

Os resultados obtidos podem ser vistos na Tabela 11 e na Tabela 12.

Tabela 11: Custos de transporte para as rotas analisadas - cenário atual (2011)

Centroide	UF	Porto	UF	Dr <sup>36</sup>	Ped. <sup>37</sup>	Df <sup>38</sup>	Dh <sup>39</sup>	Tf <sup>40</sup>	Th <sup>41</sup>	CR <sup>42</sup>	CF <sup>43</sup>	CH <sup>44</sup>	Tf+Th <sup>45</sup>	CM <sup>46</sup>	CT <sup>47</sup>
Sapezal	MT	Itacoatiara	AM	1.242			1481		1	R\$ 119	R\$ -	R\$ 59	R\$ 3	R\$ 137	R\$ 318
Sapezal	MT	Santos	SP	721		1646		1		R\$ 84	R\$ 89	R\$ -	R\$ 3	R\$ 118	R\$ 294
Cruz Alta	RS	Rio Grande	RS	484	R\$ 54					R\$ 67	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 117	R\$ 184
Jatai	GO	Santos	SP	158		520	634	1	2	R\$ 32	R\$ 39	R\$ 30	R\$ 8	R\$ 118	R\$ 227
Maracaju	MS	Paranaguá	PR	1.084	R\$ 139					R\$ 115	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 233
Maracaju	MS	São Francisco do Sul	SC	1.197	R\$ 185					R\$ 124	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 242

Continua

<sup>36</sup> Distância rodoviária

<sup>37</sup> Custo do pedágio

<sup>38</sup> Distância ferroviária

<sup>39</sup> Distância hidroviária

<sup>40</sup> Transbordo ferroviário

<sup>41</sup> Transbordo hidroviário

<sup>42</sup> Custo rodoviário

<sup>43</sup> Custo ferroviário

<sup>44</sup> Custo hidroviário

<sup>45</sup> Custos com Transbordos

<sup>46</sup> Fretem marítimo

<sup>47</sup> Custo total de transporte

Conclusão	UF	Porto	UF	Dr	Ped.	Df	Dh	Tf	Th	CR	CF	CH	Tf+Th	CM	CT
Maracaju	MS	Santos	SP	1.122	R\$ 347					R\$ 126	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 244
Primavera do Leste	MT	Santos	SP	192	R\$ 0	1432		1		R\$ 36	R\$ 78	R\$ -	R\$ 3	R\$ 118	R\$ 235
Barreiras	BA	Aratu	BA	802						R\$ 90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 208
Cascavel	PR	Paranaguá	PR	50		835		1		R\$ 15	R\$ 54	R\$ -	R\$ 3	R\$ 118	R\$ 190
Cascavel	PR	São Francisco do Sul	SC	50		841		1		R\$ 15	R\$ 54	R\$ -	R\$ 3	R\$ 118	R\$ 190
Canabrava do Norte	MT	Itaqui	MA	580		1235		1		R\$ 73	R\$ 70	R\$ -	R\$ 3	R\$ 123	R\$ 269
Maringá	PR	São Francisco do Sul	SC	50		758		1		R\$ 15	R\$ 50	R\$ -	R\$ 3	R\$ 118	R\$ 186
Maringá	PR	Paranaguá	PR	50		752		1		R\$ 15	R\$ 50	R\$ -	R\$ 3	R\$ 118	R\$ 186
Uberlândia	MG	Santos	SP	719	R\$ 300					R\$ 96	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 214
Uberlândia	MG	Vitória	ES	85		1472		1		R\$ 21	R\$ 79	R\$ -	R\$ 3	R\$ 119	R\$ 222
Balsas	MA	Itaqui	MA	1.042	R\$ 0					R\$ 107	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 123	R\$ 230
Brasília	GO	Vitória	ES	180		1420				R\$ 34	R\$ 77	R\$ -	R\$ -	R\$ 119	R\$ 231
Brasília	GO	Santos	SP	1.111	R\$ 300					R\$ 123	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 241
Bom Jesus	PI	Itaqui	MA	932						R\$ 99	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 123	R\$ 222
Bom Jesus	PI	Aratu	BA	975						R\$ 102	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 220
Campos Lindos	TO	Itaqui	MA	350		871		1		R\$ 53	R\$ 55	R\$ -	R\$ 3	R\$ 123	R\$ 234
Campo Grande	MS	Paranaguá	PR	1.141	R\$ 194					R\$ 121	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 239
Campo Grande	MS	São Francisco do Sul	SC	1.216	R\$ 162					R\$ 124	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 242
Campo Grande	MS	Santos	SP	1.070	R\$ 327					R\$ 121	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 118	R\$ 240
Sorriso	MT	Santos	SP	658		1646		1		R\$ 79	R\$ 89	R\$ -	R\$ 3	R\$ 118	R\$ 289
Água Boa	MT	Santos	SP	707		520	634	1	2	R\$ 83	R\$ 39	R\$ 30	R\$ 8	R\$ 118	R\$ 278
Água Boa	MT	Itaqui	MA	767		1235		1		R\$ 88	R\$ 70	R\$ -	R\$ 3	R\$ 123	R\$ 284
Água Boa	MT	Vitória	ES	929		1472		1		R\$ 99	R\$ 79	R\$ -	R\$ 3	R\$ 119	R\$ 300

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 12: Custos de transporte para as rotas analisadas - cenário futuro (2023)

Centróide	UF	Porto	UF	Dr	Ped.	Df	Dh	Tfer	Thid	CR	CF	CH	Tf+Th	CM	CT
Sapezal	MT	Santos	SP	721		1646		1		R\$ 84	R\$ 89	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 107	R\$ 283
Sapezal	MT	Santarém	PA	1.785			345		1	R\$ 151	R\$ 0	R\$ 20	R\$ 3	R\$ 129	R\$ 302
Sapezal	MT	Itacoatiara	AM	1.242			1481		1	R\$ 119	R\$ 0	R\$ 59	R\$ 3	R\$ 137	R\$ 318
Cruz Alta	RS	Rio Grande	RS	484	R\$ 54					R\$ 67	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 106	R\$ 173
Jatai	GO	Santos	SP	158		520	634	1	2	R\$ 32	R\$ 39	R\$ 30	R\$ 8	R\$ 107	R\$ 216
Maracaju	MS	Paranaguá	PR	1.084	R\$ 139					R\$ 115	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 222
Maracaju	MS	São Francisco do Sul	SC	533		758		1		R\$ 69	R\$ 50	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 107	R\$ 229
Maracaju	MS	Santos	SP	1.122	R\$ 347					R\$ 126	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 232
Primavera do Leste	MT	Santos	SP	192	R\$ 0	1432		1		R\$ 36	R\$ 78	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 107	R\$ 223
Barreiras	BA	Ilhéus	BA	50		949		1		R\$ 15	R\$ 59	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 107	R\$ 183
Barreiras	BA	Aratu	BA	802						R\$ 90	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 197
Cascavel	PR	Paranaguá	PR	50		835		1		R\$ 15	R\$ 54	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 107	R\$ 179
Cascavel	PR	São Francisco do Sul	SC	50		841		1		R\$ 15	R\$ 54	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 107	R\$ 179
Canabrava do Norte	MT	Vila do Conde	PA	222			1782		1	R\$ 39	R\$ 0	R\$ 71	R\$ 3	R\$ 113	R\$ 226
Maringá	PR	Paranaguá	PR	50		752		1		R\$ 15	R\$ 50	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 107	R\$ 175
Maringá	PR	São Francisco do Sul	SC	50		758		1		R\$ 15	R\$ 50	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 107	R\$ 175
Uberlândia	MG	Santos	SP	719	R\$ 300					R\$ 96	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 203
Uberlândia	MG	Vitória	ES	85		1472		1		R\$ 21	R\$ 79	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 108	R\$ 211
Balsas	MA	Itaqui	MA	1.042	R\$ 0					R\$ 107	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 111	R\$ 218
Balsas	MA	Vila do Conde	PA	387		835		1		R\$ 56	R\$ 54	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 113	R\$ 226
Brasília	GO	Vila do Conde	PA	151		1332		1		R\$ 31	R\$ 74	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 113	R\$ 220
Brasília	GO	Itaqui	MA	151		1368		1		R\$ 31	R\$ 75	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 111	R\$ 220
Brasília	GO	Vitória	ES	180		1420				R\$ 34	R\$ 77	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 108	R\$ 219
Brasília	GO	Santos	SP	1.111	R\$ 300					R\$ 123	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 230

Continua

## Conclusão

<b>Centroide</b>	<b>UF</b>	<b>Porto</b>	<b>UF</b>	<b>Dr</b>	<b>Ped.</b>	<b>Df</b>	<b>Dh</b>	<b>Tf</b>	<b>Th</b>	<b>CR</b>	<b>CF</b>	<b>CH</b>	<b>Tf+Th</b>	<b>CM</b>	<b>CT</b>
Bom Jesus	PI	Itaqui	MA	932						R\$ 99	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 111	R\$ 210
Bom Jesus	PI	Aratu	BA	975						R\$ 102	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 209
Campos Lindos	TO	Vila do Conde	PA	350		835		1		R\$ 53	R\$ 54	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 113	R\$ 222
Campos Lindos	TO	Itaqui	MA	350		871		1		R\$ 53	R\$ 55	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 111	R\$ 222
Campo Grande	MS	Paranaguá	PR	1.141	R\$ 194					R\$ 121	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 227
Campo Grande	MS	Santos	SP	1.070	R\$ 327					R\$ 121	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 228
Campo Grande	MS	São Francisco do Sul	SC	1.216	R\$ 162					R\$ 124	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 107	R\$ 231
Sorriso	MT	Santarém	PA	1.106			345		1	R\$ 111	R\$ 0	R\$ 20	R\$ 3	R\$ 129	R\$ 262
Água Boa	MT	Vila do Conde	PA	767		1199			1	R\$ 88	R\$ 69	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 113	R\$ 272
Água Boa	MT	Santos	SP	707		520	634	1	2	R\$ 83	R\$ 39	R\$ 30	R\$ 8	R\$ 107	R\$ 267
Água Boa	MT	Itaqui	MA	767		1235		1		R\$ 88	R\$ 70	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 111	R\$ 272
Água Boa	MT	Santarém	PA	1.996	R\$ 0				1	R\$ 162	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 3	R\$ 129	R\$ 294

**Fonte: elaborado pelo autor**

Os resultados obtidos mostram que com a conclusão das obras apresentadas no Capítulo 5 e o aumento do porte dos navios, todos os centróides irão reduzir o custo total de transporte nas exportações de soja em grão.

A Tabela 13 mostra quais foram as reduções observadas nos custos de exportação para cada centroide avaliado e o percentual desta redução que está associada à criação de novas rotas e ao aumento no porte dos navios.

**Tabela 13: Reduções no custo médio ponderado de exportação**

Centróide	Fatores que provocam a redução dos custos		
	Novas rotas	Porte dos navios	Total
Canabrava do Norte	-11,4%	-4,5%	-15,9%
Sorriso	-9,2%	-3,9%	-13,1%
Barreiras	-3,3%	-5,4%	-8,7%
Cruz Alta	0,0%	-6,1%	-6,1%
Maringá	0,0%	-6,1%	-6,1%
Cascavel	0,0%	-6,0%	-6,0%
Bom Jesus	-0,3%	-5,3%	-5,5%
Brasília	-0,7%	-4,7%	-5,4%
Balsas	0,0%	-5,2%	-5,2%
Uberlândia	0,0%	-5,1%	-5,1%
Campos Lindos	0,0%	-5,1%	-5,1%
Jataí	0,0%	-5,0%	-5,0%
Maracaju	-0,2%	-4,7%	-4,9%
Primavera do Leste	0,0%	-4,8%	-4,8%
Água Boa	-0,8%	-4,0%	-4,8%
Campo Grande	0,0%	-4,7%	-4,7%
Sapezal	-0,4%	-1,8%	-2,3%

**Fonte: elaborado pelo autor**

Observa-se que as maiores reduções, provocadas pelo surgimento de rotas alternativas mais econômicas, ocorrem para as cargas originadas no Mato Grosso e na Bahia. As principais obras que provocam essa redução são:

- Dragagem e sinalização da hidrovia do Araguaia, permitindo que a soja produzida na região Nordeste do Mato Grosso seja transportada por barcaças até o porto de Vila do Conde (PA) reduzindo o custo de exportação desta região em aproximadamente 16%.

- Pavimentação da BR-163 viabilizando o escoamento da produção da região centro-norte mato-grossense para os Portos de Santarém (PA) e Vila do Conde (PA). Estima-se que estas obras reduzam o custo médio de escoamento da região supracitada em aproximadamente 13%.
  - Construção da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL), interligando a região oeste da Bahia (centróide de Barreiras) a um novo porto a ser construído na região de Ilhéus (BA), permitindo uma redução total de aproximadamente 9% no custo médio de exportação.

Nos outros centróides as reduções são provocadas principalmente por meio de redução do frete marítimo, que faz com que os custos totais decresçam aproximadamente 5% em média.

Tendo em vista o principal objetivo deste trabalho que é quantificar o impacto provocado pelas obras de infraestrutura na exportação da soja brasileira foi elaborada a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**<sup>4</sup> que realiza a comparação final entre o custo médio atual de exportação e o custo projetado para o ano de 2023.

**Tabela 14: Comparação entre os custos médios ponderados de exportação de soja em grão**

Custo médio por tonelada (R\$/t)	Custo médio por tonelada (R\$/t)	Redução do custo médio
R\$ 228	R\$ 218	-4%

**Fonte: elaborado pelo autor**

Com a realização das obras previstas e aumento do porte dos navios é esperado que haja uma redução de R\$10,00/t no custo médio de exportação da soja brasileira, ou seja, aproximadamente 4% de redução em relação aos custos atuais.

Se não forem considerados ganhos de escala com o atendimento de navios de grande porte, a redução seria de apenas R\$1,00/t no custo médio da soja exportada. Nota-se que a redução encontrada é pequena, pois grande parte das regiões analisadas não usufruirá das novas rotas que serão criadas pelos investimentos anunciados.

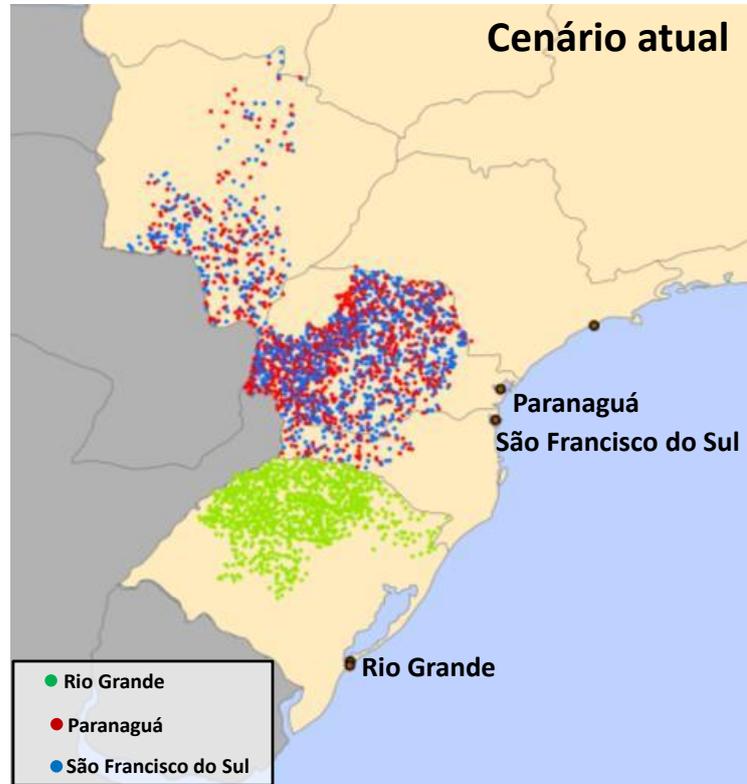
Analisando-se apenas o custo médio de exportação do Mato Grosso, principal Estado produtor de soja do país, observa-se uma redução média mais significativa de aproximadamente 6%.

Por outro lado, a conclusão destas obras altera de forma significativa as regiões de influência dos portos analisados.

A seguir será apresentada a evolução destas regiões de influência.

## Região Sul

Quadro 8: Região de Influência dos portos da região Sul

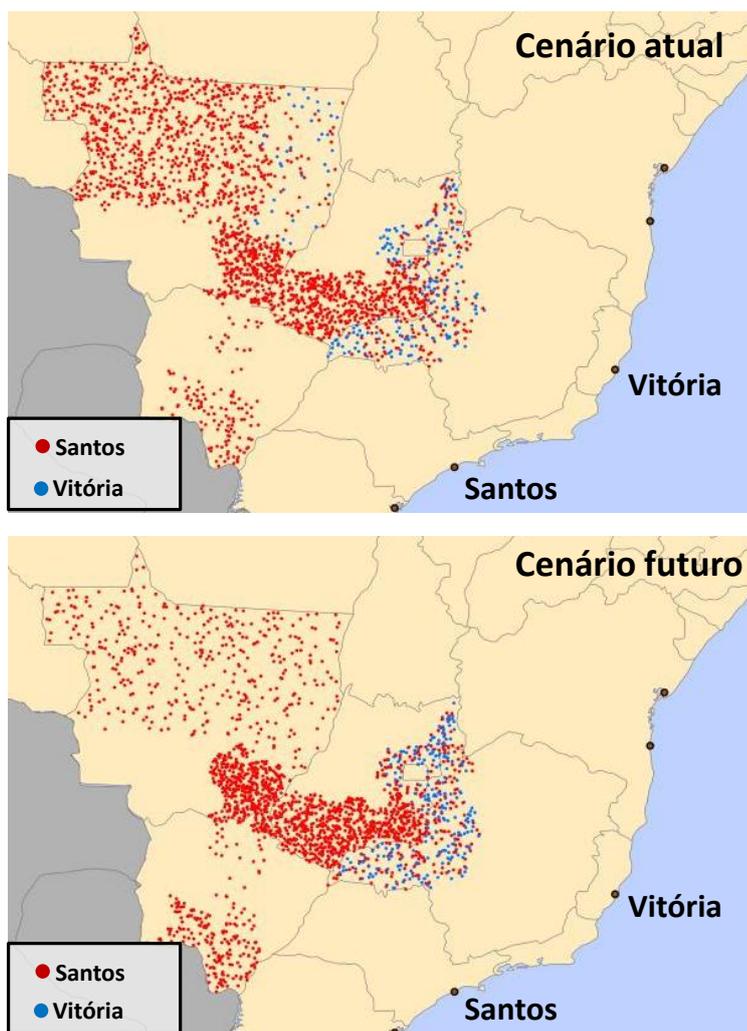


Fonte: elaborado pelo autor

### Região Sudeste

Observa-se que pelo fato de não terem sido viabilizadas novas alternativas de escoamento para as cargas originadas na região Sul, as regiões de influência destes portos, permanecem praticamente inalteradas, limitadas ao atendimento das cargas oriundas dos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e região sul do Mato Grosso do Sul.

**Quadro 9: Regiões de influência dos portos de Santos e Vitória**



Fonte: elaborado pelo autor

No caso dos portos da região sudeste, ao contrário do observado na região Sul, nota-se uma mudança significativa nas regiões de influência dos portos de Santos e Vitória.

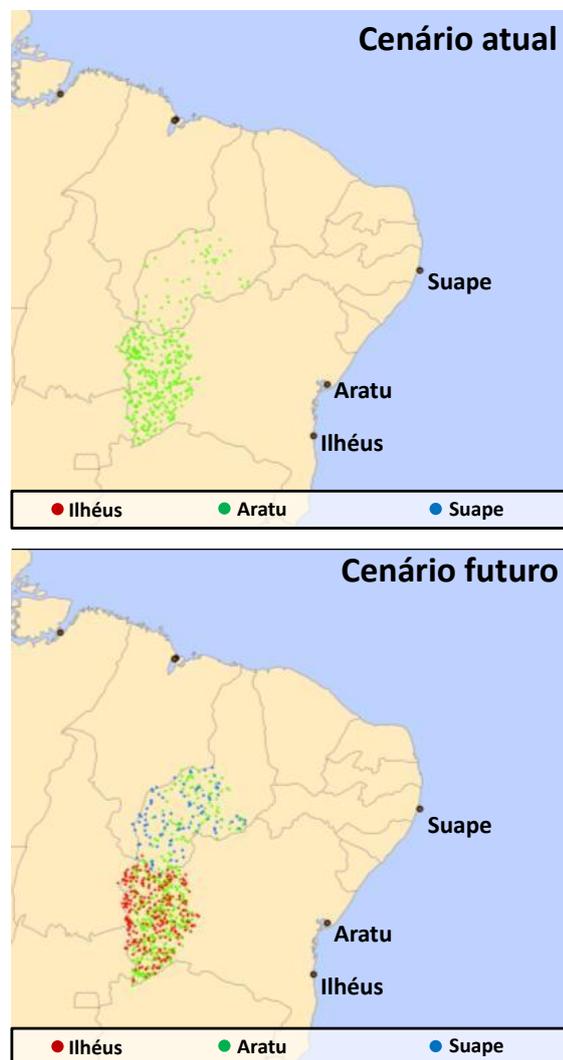
No cenário futuro o porto de Santos tem sua região de influência reduzida motivada pela perda de cargas do centro norte mato-grossense para o porto de Santarém (PA). Neste cenário,

sua região de influência fica mais concentrada na região Sul dos Estados de Goiás e Mato Grosso.

O Porto de Vitória também apresenta redução na sua área de influência, principalmente pelo fato da região nordeste do Estado do Mato Grosso passar a utilizar a hidrovia do Araguaia para escoar sua produção pelo Porto de Vila do Conde, em vez de utilizar-se da ferrovia que dá acesso ao porto capixaba.

### Região Nordeste

**Quadro 10: Regiões de influência dos portos do Nordeste**



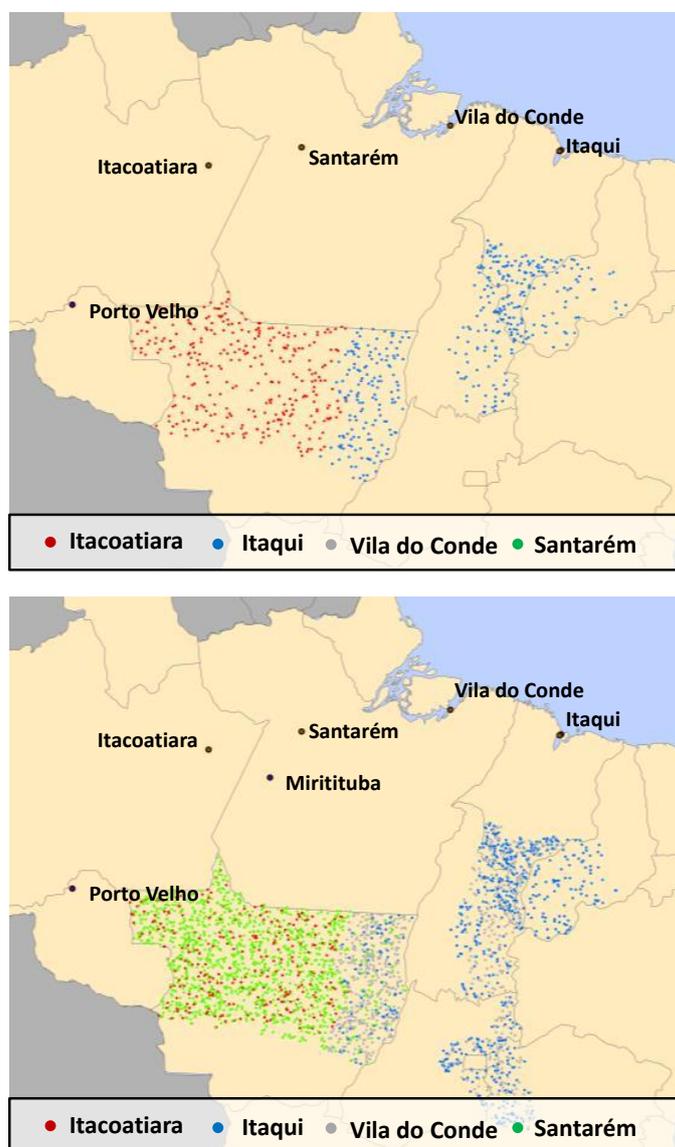
Fonte: elaborado pelo autor

Na região Nordeste observa-se uma diminuição na região de influência do porto de Aratu, ocasionada pelo deslocamento de cargas originárias do oeste baiano para o porto de Ilhéus (BA).

Já os portos de Ilhéus e Suape, por apresentarem conexão ferroviária às regiões produtoras, capturam volumes originados no oeste do Estado da Bahia e sul do Estado do Piauí, respectivamente.

### Região Norte

**Quadro 11: Regiões de influência dos portos da região Norte**



Fonte: elaborado pelo autor

Na região Norte é observada uma grande mudança nas regiões de influência dos portos, principalmente pelo “surgimento” de dois novos portos: Santarém e Vila do Conde, ambos localizados no Estado do Pará.

Observa-se também que as regiões de influência dos portos de Itaquí (MA) e Vila do Conde (PA) ficam praticamente sobrepostas, uma vez que o acesso a ambos é feito pela ferrovia Norte Sul e que as distâncias percorridas no trecho final entre Açailândia e Itaquí e Açailândia e Vila do Conde são inferiores a 20 Km.

A Tabela 15 reflete os principais pontos levantados nessa análise das regiões de influência, apresentando as previsões de movimentação de soja em grão em cada porto analisado.

**Tabela 15: Estimativas das exportações de soja em grão pelos portos analisados**

<b>Porto</b>	<b>2011</b>	<b>2023</b>	<b>Crescimento</b>
Itacoatiara	1.534.940	1.466.088	-4%
Santos	10.575.023	9.622.629	-9%
Rio Grande	4.577.734	5.696.622	24%
Paranaguá	4.084.450	5.384.570	32%
São Francisco do Sul	4.084.450	5.384.570	32%
Aratu	1.792.859	1.942.371	8%
Itaquí	1.999.013	3.082.895	54%
Vitória	1.076.948	1.190.408	11%
Santarém	0	6.284.292	
Ilhéus	0	1.452.830	
Vila do Conde	0	4.273.112	
Suape	0	489.541	

**Fonte: elaborado pelo autor**

Da observação pode-se concluir que os portos de Santarém e Vila do Conde são os que apresentam maior crescimento no período analisado. Por outro lado, portos como Santos, Paranaguá, Rio Grande, São Francisco do Sul, Vitória e Itacoatiara quando não apresentam queda na movimentação, possuem tímidas taxas de crescimento.

### **Limitações do Estudo**

Destaca-se que os resultados apresentados neste capítulo estão baseados em premissas da modelagem elaboradas pelo autor e que apesar de quantificarem os impactos gerados pelos investimentos em infraestrutura podem não refletir com exatidão o cenário futuro.



## 8 CONCLUSÃO

Os resultados do Trabalho apresentados no capítulo anterior demonstram que o seu objetivo central foi atingido, uma vez que foram avaliados quantitativamente os impactos gerados pelos novos investimentos em infraestrutura na logística de exportação da soja. Para tanto, o autor desenvolveu e aplicou um modelo de regressão linear para projeção das exportações, que demonstrou ser uma ferramenta eficaz. Foram ainda avaliadas e apresentadas, de forma gráfica, as alterações nas regiões de influência dos principais portos do país, identificando-se as obras de infraestrutura que proporcionaram essas mudanças.

A principal conclusão do Trabalho é que, com a implantação das obras de infraestrutura de transporte avaliadas, haverá uma redução de aproximadamente 10% no custo médio da exportação de soja em grão, em comparação com os custos médios atuais. As regiões mais beneficiadas pelas obras são as áreas centrais do Mato Grosso. Não obstante, outras regiões mais maduras em termos de produção de soja, como a região Sul, pouco serão afetadas.

Um corolário da conclusão acima é que existe um grande potencial de desenvolvimento dos portos de Santarém (PA) e Vila do Conde (PA), para os quais o Governo Federal deveria dedicar maiores investimentos. O primeiro será diretamente beneficiado pela pavimentação da BR-163, e o segundo, pela extensão da ferrovia Norte Sul (trecho entre Açailândia e Barcarena) e pelas obras de dragagem e sinalização da hidrovia do rio Araguaia.

Estas conclusões permitem que novas perguntas associadas ao tema sejam lançadas. Uma delas é até que ponto existiria viabilidade econômico-financeira para a realização destes empreendimentos, dada a ordem de grandeza das economias determinadas e algum grau de redundância dos mesmos. Para responder a essa pergunta, entretanto, seria preciso avaliar todo o espectro de cargas que se beneficiariam dessas obras. Esta e outras perguntas podem ser foco de estudos futuros na área.



## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELO, L. B.; Custos Logísticos de Transferência de Produtos. grupo de estudos logísticos Universidade Federal de Santa Catarina (GELOC) 2005.
- ANTAQ – Agência Nacional do Transporte Aquaviário; Lab Trans - Laboratório de Transportes. Plano Nacional de Integração Hidroviária. fev, 2013.
- AROEIRA, C. Plano de Investimentos em logística e seus efeitos no agronegócio. Conferência do agronegócio. São Paulo, 08 abr. 2013.
- BALLOU, R.H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5ª ed. Bookman: Porto Alegre, 2004.
- BARAT, J. Apagão Logístico. Jornal Estado de São Paulo. set. 2008.
- BRANCO, J. E. H et al. Otimização logística para o transporte multimodal de safras agrícolas pelo corredor centro-norte: o que pensam as empresas e instituições envolvidas?. Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 6, n. 12, jan./jun. 2011.
- CAIXETA FILHO, J. V. Anuário Sifreca – Sistema de informações de fretes, 2012.
- CASTRO, R. A. Estudo do comportamento da demanda no varejo através de modelos de previsão. 2009. 132 p. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2009.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Corredores de escoamento da Produção Agrícola. Dez, 2005.
- DALL’GNOL, A.; The impact of soybeans on the brazilian economy. In: Technical information for agriculture. São Paulo: Máquinas Agrícolas Jacto, 2000.
- FREDERICO, S; O novo tempo do cerrado: Expansão dos fronts agrícolas e controle do sistema de armazenamento de grãos. 2008. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rodovias Brasileiras: Políticas Públicas, Investimento, Concessões e Tarifas de Pedágio. Rio de Janeiro, 2011.
- ISHII, P.A. Estudo do comportamento das vendas em uma empresa de sorvetes. – Trabalho de Formatura. Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 2005.
- KLIINK, H. A.; WINDEN, W. Towards a new hinterland orientation for Rotterdam: the entrepreneurial port. European Regional Science Association. Vienna, 1 sep. 1998.
- LANZANA, A.; LOPES, L. M. Desafios da Infraestrutura e Expansão dos Investimentos: 2011/2014. São Paulo, Informações Fipe, set 2011.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.C.; HYNDMAN, R.J. Forecasting: methods and applications. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio Brasileiro, 2013.

MARTINS, R. S.; CAIXETA FILHO, J. V. Investimentos ferroviários prioritários para a redução dos custos de transporte de grãos e farelo de soja no estado do Paraná. Cadernos de Economia, Chapéco, SC., v. 3, n. 4, p. 121-145, jan./jun. 1999.

MONTGOMERY, D.C; RUNGER, G.C. Applied Science and probability for engineers. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley & Sons, 2002.

NOTTEBOOM, T. The relationship between seaports and the intermodal hinterland in light of global supply chains. Bélgica. mar. 2008.

NUNES, P. B. Caracterização logística do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil. Universidade de São Paulo, 2010.

OJIMA, A. L. R. Perfil da logística de transporte de soja no Brasil. Informações Econômicas, São Paulo, v.36, n.1, jan. 2006.

PIL – Programa de Investimentos em Logística. Rodovias e Ferrovias. Disponível em <http://www.transportes.gov.br/public/arquivo/arq1345056805.pdf>. Acessado em 20/09/2013.

PIZZOLATO, N.D.; SCAVARDA, L. F.; PAIVA, R. Zonas de influência portuárias – hinterlands: conceituação e metodologias para sua delimitação. Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 3, p. 553-566, 2010

PNLT - PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES. Relatório executivo. Brasília, 2007.

REIS, M. A. S.; CONSTANTE, J. M. Metodologia para o Cálculo dos Custos Logísticos Associados ao Fluxo de Mercadorias. São Paulo: 11 jun. 2011.

SANTORO, M.C. Planejamento, Programação e Controle da Produção. – Apostila da Disciplina PRO 2415. Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 2009.

SCHLESINGER, S. Soja: o grão que segue crescendo. Grupo de trabalho sobre desenvolvimento e meio ambiente nas Américas. jul. 2008.

STOPFORD, M. Maritime Economics. 3rd ed. New York: Routledge, 2009. 813 p.

STUPELLO, B. Perspectiva de desenvolvimento da infraestrutura de transportes para escoamento da produção agrícola da região Centro-Oeste do Brasil: um exercício de planejamento estratégico de transportes. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Naval da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2011.

USDA - US Department of Agriculture. Long-term Projections, fev. 2012.

VIEIRA, N.M. Caracterização da cadeia produtiva da soja em Goiás. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia de Produção da UFSC. Florianópolis. 2002.

VITASEK, K; Supply chain and Logistics Terms And Glossary. Washington: Supply Chain Visions, 2006. 167 p.

WARD, K. The World in 2050, HSBC Global Research, 11 jan. 2012.