

UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E EXTENSÃO  
PROGRAMA DE MESTRADO EM ECONOMIA

PABLO QUEIROZ BAHIA

**ANÁLISE LOGÍSTICA DE CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO DE  
REDES DE TRANSPORTES DE GRÃOS DE SOJA PARA  
EXPORTAÇÃO DO ESTADO DO MATO-GROSSO**

BELÉM  
2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PABLO QUEIROZ BAHIA

**ANÁLISE LOGÍSTICA DE CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO DE  
REDES DE TRANSPORTES DE GRÃOS DE SOJA PARA  
EXPORTAÇÃO DO ESTADO DO MATO-GROSSO**

**Belém-Pará, 02 de Março de 2007.**

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Maisa Sales Gama Tobias (Orientadora) – Dr.USP  
Universidade da Amazônia – UNAMA (Belém-Pará)

---

Prof. Dr. José Otávio Magno Pires  
Dr. Cornell University C.U., EUA  
Universidade da Amazônia – UNAMA (Belém-Pará)

---

Prof. Dr. Antônio Geraldo Harb – Dr. UFSC  
Centro Universitário – CIESA (Avaliador Externo)

BELÉM  
2007

PABLO QUEIROZ BAHIA

**ANÁLISE LOGÍSTICA DE CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO DE  
REDES DE TRANSPORTES DE GRÃOS DE SOJA PARA  
EXPORTAÇÃO DO ESTADO DO MATO-GROSSO**

Dissertação de Mestrado apresentada à  
Universidade da Amazônia (UNAMA) para a  
obtenção do título de Mestre em Economia. Área de  
Concentração: Economia Aplicada.

Orientadora: Profa.Dr<sup>a</sup>. Maisa Sales Gama Tobias.

BELÉM  
2007

## DEDICATÓRIAS

*Primeiramente a Deus, nosso criador;  
Aos meus pais, pela eterna lição de vida e pela  
presença constante;  
Aos verdadeiros amigos que se fizeram presentes e  
que sempre me apoiaram nessa caminhada durante  
todos esses anos de dedicação;  
A minha filha Luanna Beatriz cujo carinho me  
ajudou a superar os momentos difíceis; e  
A minha namorada Mirla Guarani por todo auxílio e  
colaboração dedicados nos momentos definitivos  
desse estudo, a quem dedico todo o êxito final.*

## AGRADECIMENTOS

*A Professora Dr<sup>a</sup>.Maisa Sales Gama Tobias pela extrema paciência, presteza e clareza durante todos os momentos de orientação, pelos ensinamentos e, principalmente, pela confiança em meu trabalho;*

*Aos Professores do corpo docente da UNAMA, pelos ensinamentos recebidos durante o curso, em especial, aos Prof. Dr. Otávio Pires, André Melo e Mário Amin, pelas observações e contribuições pertinentes na avaliação da prévia dessa dissertação;*

*Aos funcionários que integram o corpo técnico e administrativo do curso de Mestrado em Economia da Universidade da Amazônia (UNAMA) incluindo setores como coordenação e biblioteca, pelo auxílio e colaboração na elaboração dessa pesquisa;*

*A minha namorada Mirla, pela ajuda incondicional no desfecho final da elaboração desse estudo e pelo carinho e compreensão nas horas de ausência;*

*Ao professor e amigo Fábio Batista, por todo auxílio e colaboração referente aos modelos matemáticos utilizados nessa pesquisa; e*

*Aos colegas do curso de Mestrado pela cooperação e auxílio durante o período letivo.*

## EPÍGRAFE

*“ Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo, não precisa temer o resultado de cem batalhas. Se você se conhece mas não conhece o inimigo, para cada vitória ganha sofrerá também uma derrota. Se você não conhece nem o inimigo nem a si mesmo, perderá todas as batalhas...”*

*Sun Tzu*

*“ Não há nada mais difícil de controlar, mais perigoso de conduzir, ou mais incerto no seu sucesso, do que liderar a introdução de uma Nova Ordem”*

*( Nicolo Machiavelli )  
1469-1527*

## RESUMO

Esta dissertação teve como proposta a análise logística do transporte da produção de soja no Estado do Mato Grosso tendo como base a rede atual de rotas praticadas, explorando estrategicamente a utilização da rodovia Cuiabá-Santarém como rota alternativa. Inicialmente, é apresentado o referencial teórico sobre o modelo de desenvolvimento, optando-se pela teoria da localização agrícola associada às teorias da vantagem comparativa e competitiva, agregando o papel dos transportes no contexto da logística integrada. No aspecto operacional de análise matemática, são tratadas as ferramentas da pesquisa operacional para a análise quantitativa de simulação de fluxos em redes. A simulação foi feita com a utilização de um modelo de programação linear para a obtenção de configurações atual e futura das quantidades ótimas de carregamento das redes de transporte, tido como a configuração de custo mínimo. Na seqüência, a análise prospectiva partiu da elaboração de cenários de desenvolvimento regionais e, conseqüente, repercussões em fluxos nas redes de transporte. Os principais resultados esperados estão ligados às recomendações de investimentos em infra-estrutura de transporte; à identificação das rotas mais viáveis para determinado conjunto de pontos produtores; às diretrizes de condução do problema no aspecto macroeconômico, no sentido de aumentar o desempenho brasileiro no mercado internacional de soja.

**Palavras-chave:** Logística de Transporte; Pesquisa Operacional; Programação Linear; Soja; Cenários de Desenvolvimento.



## ABSTRACT

*The purpose of this study is to present the logistical analysis of the soybean production transportation in the State of Mato Grosso, focused on the current routes network which strategically explores the Cuiabá-Santarém road as an alternative route. At the outset, the study presents the theoretical framework grounding the development model, flowing from the agricultural location theory coupled with the comparative and competitive advantages theories, including the role of transportation in the context of integrated logistics. The operational aspect of the mathematical analysis deals with the operational research tools for the quantitative analysis of flow network simulation. The simulation was performed via a linear programming model to obtain current and future configuration of optimal loading quantities for transportation networks, set as the minimum cost configuration. In this context, the prospective analysis was grounded on the development of regional scenarios and their impacts on the flows of transportation networks. The most relevant findings are related to (i) the investment requirements for transportation infrastructure; (ii) the identification of most viable routes for a given set of production sources; (iii) the macroeconomic guidelines to deal with the transportation issue, focusing on the improvement the Brazilian performance in the international soybean market.*

**Key Words:** *transportation logistics; operational research; linear programming; soybean; development scenarios.*

## LISTA DE SIGLAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais

AHIMOR – Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GEIPOP – Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – Instituto de Economia Agrícola

IMEA – Instituto Mato-grossense de Economia Agrícola

IPEADATA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

PL – Programação Linear

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática

SIFRECA – Sistema de Informações de Fretes

SPT – Sistema de Planejamento de Transporte

USDA – *United States Department of Agriculture*

FAO – *Food and Agriculture Organization*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Produção Mundial de Soja em Grão:1980-2004(em 1.000 t).....	85
Tabela 2 Principais Exportadores Mundiais de Soja em Grão(em 1.000 t) .....	89
Tabela 3 Evolução da Área Colhida, Produção e Rendimento da Soja, do Brasil, no período de 1985-2004.....	93
Tabela 4 Evolução da Área Colhida, Produção e Rendimento da Soja, Brasil, Argentina e EUA no período de 1985-2004 .....	95
Tabela 5 População do Estado do Mato-Grosso (habitantes) .....	103
Tabela 6 Áreas Cultivadas com as Principais Lavouras no Mato-Grosso (ha).....	104
Tabela 7 Participação das Culturas em Áreas Cultivadas no Mato-Grosso (%).....	105
Tabela 8 Produção das Principais Culturas do Mato-Grosso (t).....	106
Tabela 9 Produtividade das Principais Culturas do Mato-Grosso (t/ha).....	108
Tabela 10 Evolução da Produção de Soja do Mato-Grosso em relação ao Brasil, em milhões de toneladas, no período de 1990-2005.....	111
Tabela 11 Participação dos Estados na Produção das Principais Culturas do Brasil (em %) 1995/96.....	113
Tabela 12 Participação dos Estados na Produção das Principais Culturas do Brasil (em %) 2004/05.....	113
Tabela 13 Quantidades Médias de Produção de Soja, no período de 2002-2004, ton.....	142
Tabela 14 Distâncias entre as Regiões de Produção de Soja e os Portos, km.....	144
Tabela 15 Custo de Transporte entre Regiões de Produção de Soja e os Portos de Santos e Paranaguá em R\$/ton.....	145
Tabela 16 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, Cenário 1.....	148
Tabela 17 Limites Máximos e Mínimos Possíveis de Frete para Configuração do Cenário Atual 1, R\$.....	149
Tabela 18 Custo de Transporte entre as Regiões de Produção de Soja e os Portos em R\$/ton, com Alteração no Frete em 10%.....	150
Tabela 19 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações nos Valores de Fretes em 10%.....	151
Tabela 20 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações na Capacidade Portuária de Paranaguá.....	151
Tabela 21 Distâncias entre as Regiões de Produção de Soja e os Portos Alternativos para Escoamento, km.....	156
Tabela 22 Custo de Transporte entre Regiões de Produção de Soja e os Portos de Rio Grande e Santarém em R\$/ton.....	156

Tabela 23 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, Cenário 2.....	158
Tabela 24 Custo de Transporte entre Regiões de Produção de Soja e os Portos de Itacoatiara e Itaqui em R\$/ton.....	159
Tabela 25 Limites Máximos e Mínimos Possíveis de Frete para Configuração do Cenário 2, R\$.....	160
Tabela 26 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações na Capacidade Portuária de Santarém para 2.000.000 de toneladas.....	162
Tabela 27 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações na Capacidade Portuária de Santarém para 5.000.000 de toneladas.....	164
Tabela 28 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações na Capacidade Portuária de Santarém para 6.000.000 de toneladas.....	165
Tabela 29 Custo de Transporte entre as Regiões de Produção de Soja e Todos os Possíveis Portos em R\$/ton, com Alteração no Frete em 10% para Santos.....	167
Tabela 30 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos sem Considerar a Rota Alternativa de Santarém.....	168
Tabela 31 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos Considerando uma Capacidade para o Porto de Santarém de 2.000.000 de toneladas.....	170
Tabela 32 Custo de Transporte entre as Regiões de Produção de Soja e Todos os Possíveis Portos em R\$/ton, com Alteração no Frete em 10% para Santos e Paranaguá.....	171
Tabela 33 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos e Paranaguá sem Considerar a Rota Alternativa de Santarém.....	173
Tabela 34 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos e Paranaguá Considerando uma Capacidade para o Porto de Santarém de 2.000.000 de toneladas.....	174
Tabela 35 Resultados Computacionais pelo <i>Lindo</i> , em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos e Paranaguá, Considerando uma Capacidade para o Porto de Itacoatiara de 5.000.000 de toneladas sem Considerar a Rota Alternativa de Santarém.....	175

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Determinantes da Vantagem Competitiva Nacional: “Diamante” de Porter .....	33
Figura 2 Logística Integrada e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.....	38
Figura 3 Três Pólos que Compõem a Gestão de Logística e Operações Globais .....	41
Figura 4 A Cadeia de Valores Genérica.....	45
Figura 5 Esquematização do Problema de Transporte .....	72
Figura 6 Diagrama de Fluxo na Rede .....	76
Figura 7 Formulação do Modelo Matemático .....	77
Figura 8 Produção Mundial de Soja em Grão: 1980-2004(em 1.000t).....	86
Figura 9 Evolução da Quantidade de Soja em Grão Exportada pelos Principais Países Produtores do Mundo, no período de 1990-2004 .....	90
Figura 10 Principais Países Importadores de Soja em Grão do Mundo no período de 1990-2004.....	91
Figura 11 Evolução da Área Plantada de Soja pelos Principais Países Produtores de Soja no Mundo, no período de 1990-2004.....	96
Figura 12 Evolução das Produtividades dos Principais Países Produtores de Soja do Mundo, no período 1990-2004.....	97
Figura 13 Evolução do Rendimento da Cultura da Soja, Brasil, Argentina, Estados Unidos da América, 1985-2004, em (kg/ha).....	98
Figura 14 Evolução do Rendimento da Cultura da Soja, Brasil, Argentina, Estados Unidos da América e Mundo, no período de 1985-2004, em (kg/ha).....	99
Figura 15 Produção das Principais Culturas do Mato-Grosso.....	107
Figura 16 Produtividade das Principais Culturas do Mato-Grosso.....	109
Figura 17 Comparativo da Produtividade de Soja no Brasil, no Centro-Oeste e no Mato-Grosso, no período de 1990-2005.....	110
Figura 18 Evolução da Produção da Soja do Mato-Grosso em relação ao Brasil, no período de 1990-2005.....	111
Figura 19 Evolução da Participação da Soja nos Principais Estados Produtores do Brasil, no período de 1990-2005.....	112
Figura 20 Evolução da Participação do Algodão nos Principais Estados Produtores do Brasil, no período de 1995-2005.....	114
Figura 21 Evolução da Participação do Arroz nos Principais Estados Produtores do Brasil, no período de 1995-2005.....	115
Figura 22 Evolução da Participação do Milho nos Principais Estados Produtores do Brasil, no período de 1990-2005 .....	116
Figura 23 Estado do Mato-Grosso .....	122

Figura 24 Principais Portos de Destino da Soja do Mato-Grosso.....	126
Figura 25 Principais Portos Alternativos para o Destino da Soja do Mato-Grosso.....	128
Figura 26 Fluxograma do Modelo Matemático Utilizando Programação Linear- P.L.....	140
Figura 27 Diagrama de Rede: Rotas Origem-Destino Santos e Paranaguá.....	143
Figura 28 Diagrama de Rede: Rotas Alternativas para escoamento de Grãos do Mato-Grosso .....	154

# SUMÁRIO

	Pág.
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	
1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA .....	18
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	21
1.3 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS .....	22
1.4 HIPÓTESES: PRIMÁRIA E SECUNDÁRIAS .....	23
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	25
2.1 DESENVOLVIMENTO REGIONAL E TEORIA DA VANTAGEM COMPETITIVA .....	25
2.2 A LOGÍSTICA INTEGRADA E OPERAÇÕES GLOBAIS .....	37
2.3 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL, DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL E DOS TRANSPORTES .....	45
<b>2.3.1 Análise Retrospectiva</b> .....	45
<b>2.3.2 Análise Prospectiva</b> .....	47
2.3.2.1 A Técnica de Análise de Cenários .....	47
2.3.2.2 Caracterização dos Diversos Cenários .....	51
2.3.2.3 Caracterização das Redes Alternativas de Transportes .....	52
2.4 MODELOS E FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE ANÁLISE DE FLUXOS .....	58
<b>2.4.1 Histórico, Conceitos e Revisão de Literatura de Programação Linear</b> .....	58
<b>2.4.2 Modelos e Aplicabilidade da Programação Linear</b> .....	68
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DO COMPLEXO DE SOJA</b> .....	79
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA CULTURA SOJÍFERA .....	79
<b>3.1.1 A produção, a Produtividade e as Principais Áreas Destinadas ao Cultivo da Soja no Brasil e no Mundo</b> .....	84
3.1.1.1 Produção Brasileira de Soja vis-à-vis Americana, Argentina e Chinesa .....	84
3.1.1.2 Área Destinada ao Cultivo da Soja no Brasil e sua Produtividade Correspondente .....	91
3.1.1.3 Área Destinada ao Cultivo da Soja no Brasil, na Argentina e nos EUA e suas Produtividades Correspondentes .....	94
3.1.1.4 A Produtividade e a Conseqüente Competitividade da Soja .....	99
<b>3.1.2 O Estado do Mato-Grosso</b> .....	100
3.1.2.1 A Divisão do Estado do Mato-Grosso e suas Conseqüências .....	102

3.1.2.2 A Economia Agrícola do Estado do Mato-Grosso .....	103
3.1.2.3 O Setor Produtivo da Soja no Brasil .....	118
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>121</b>
4.1 MATERIAL .....	121
<b>4.1.1 Universo da Pesquisa .....</b>	<b>121</b>
<b>4.1.2 Área de Estudo .....</b>	<b>124</b>
<b>4.1.3 Coleta de Dados .....</b>	<b>125</b>
4.2 MÉTODO .....	129
<b>4.2.1 Modelo Conceitual .....</b>	<b>129</b>
4.2.1.1 Formulação do Modelo .....	130
4.2.1.2 Restrições Operacionais .....	132
<b>4.2.2 Instrumental Analítico .....</b>	<b>134</b>
4.2.2.1 Formulação do Modelo Instrumental .....	135
4.2.2.2 Restrições do Modelo .....	137
<b>4.2.3 Fluxograma Operacional .....</b>	<b>138</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>141</b>
5.1 APLICAÇÃO DO MODELO .....	141
<b>5.1.1 Cenário 1: Modelo base com Escoamento para Santos e Paranaguá e Resultados .....</b>	<b>141</b>
<b>5.1.2 Cenário 2: Modelo base com Escoamento para os Portos Alternativos e Resultados .....</b>	<b>152</b>
<b>5.1.3 Cenário 3: Variações dos Fretes e Escoamento para Portos Alternativos e Resultados .....</b>	<b>166</b>
<b>5.1.4 Cenário 4: Variações dos Fretes, Escoamento para Portos Alternativos e Alterações em Capacidade Portuária e Resultados .....</b>	<b>169</b>
5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	176
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>182</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>190</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>195</b>
<b>ANEXO 1: Recibo de Fretes Comprados da Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz .....</b>	<b>196</b>
<b>ANEXO 2: Valores de Fretes do Modal Rodoviário Comprados da FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz .....</b>	<b>197</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>201</b>



<b>APÊNDICE 1: Modelo base do Cenário1 com Escoamento para os Portos de Santos e Paranaguá e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i> .....</b>	<b>202</b>
<b>APÊNDICE 2: Modelo do Cenário 1 com Variação de Sensibilidade no Valor do Frete de Santos e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i> .....</b>	<b>206</b>
<b>APÊNDICE 3: Modelo do Cenário 1 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Paranaguá e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i> .....</b>	<b>210</b>
<b>APÊNDICE 4: Modelo base do Cenário 2 com Escoamento para os Portos Alternativos e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i>, sem considerar a Capacidade Portuária de Santarém inclusa no Modelo .....</b>	<b>214</b>
<b>APÊNDICE 5: Modelo do Cenário 2 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 2.000.000 de toneladas .....</b>	<b>221</b>
<b>APÊNDICE 6: Modelo do Cenário 2 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 5.000.000 de toneladas .....</b>	<b>228</b>
<b>APÊNDICE 7: Modelo do Cenário 2 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 6.000.000 de toneladas .....</b>	<b>235</b>
<b>APÊNDICE 8: Modelo base do Cenário 3 com Aumento no Valor do Frete em 10% para Santos, Escoamento para os Portos Alternativos e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i>, sem considerar a Capacidade Portuária de Santarém inclusa no Modelo .....</b>	<b>242</b>
<b>APÊNDICE 9: Modelo do Cenário 3 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 2.000.000 de toneladas e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i>.....</b>	<b>249</b>
<b>APÊNDICE 10: Modelo base do Cenário 4 com Aumento no Valor do Frete em 10% para os Portos de Santos e Paranaguá, Escoamento para os Portos Alternativos e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i>, sem considerar a Capacidade Portuária de Santarém inclusa no Modelo .....</b>	<b>256</b>
<b>APÊNDICE 11: Modelo do Cenário 4 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 2.000.000 de toneladas e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i> .....</b>	<b>263</b>
<b>APÊNDICE 12: Modelo do Cenário 4 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Itacoatiara para 5.000.000 de toneladas e Resultados Projetados pelo <i>Lindo</i>, sem considerar o Porto de Santarém como Rota Alternativa no Modelo .....</b>	<b>270</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Quando a produção de alimentos para subsistência predominava na sociedade agrícola e o homem precisava caçar para sobreviver, eram necessários 2500 ha de terra para alimentar uma pessoa. Segundo Paterniani (2001), com o pastoreio, um progresso significativo foi obtido, à medida que, a partir daí, apenas cerca de 250 ha serviriam para alimentar uma pessoa. No entanto, com a agricultura e os subseqüentes progressos técnicos da atualidade, o avanço foi maior ainda, pois os mesmos 250 ha já produzem alimento para cerca de 3.600 pessoas. A evolução continuou, sendo que atualmente o consumo anual de alimentos no mundo é de 375 milhões de toneladas e a maior parte desse consumo provém das plantas. Considerando que 10% desses alimentos são vegetais consumidos *in natura* e que outros 10% destes vegetais são folhas e talos aproveitáveis na alimentação, a importância básica da agricultura começa a ganhar mais espaço.

A necessidade de investir na agricultura acabou se tornando obrigatória aos países, devido ao crescimento mundial da população. Quatorze anos após a independência dos EUA em 1790, o país possuía cerca de quatro milhões de habitantes; um século depois, a população tinha crescido mais de quinze vezes, chegando a sessenta e três milhões. Hoje, a nação norte-americana já se tornou uma referência mundial nos aspectos relacionados à demografia. Com mais de duzentos e oitenta milhões de habitantes, os EUA se tornaram o terceiro país mais populoso do mundo, só perdendo para a população chinesa (aproximadamente 1,8 bilhão) e indiana (pouco mais de um bilhão de habitantes). Todavia, no século XXI, assim como já ocorrera ao longo do século XX, os EUA se constituíram a maior potência financeira, econômica, tecnológica, militar e cultural do planeta.

Assim, o crescimento da população mundial instigou órgãos de pesquisa, em todo o mundo, a realizarem estimativas estatísticas referentes às demografias. Dessa forma, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005), no Brasil, realizou pesquisas de projeções de crescimento, as quais vislumbraram que em 2050 o planeta poderá abrigar um número pouco superior a nove bilhões de habitantes. Isto é, aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas a mais do que possui

atualmente. Considerando que a cada ano a população do planeta aumenta cerca de setenta e cinco milhões de seres humanos, ao se estabelecer uma relação entre alimentos, energia e recursos naturais na atualidade, pode-se dizer que os habitantes da terra já consomem mais alimentos do que existem disponibilidade, na proporção de 42,5% além da capacidade de reposição da biosfera (PATERNIANI, 2001).

Logo, com esse crescente aumento populacional do planeta, a produção mundial de grãos começou a ganhar importância como alternativa de combate a uma possível crise de alimentos. Desse mesmo modo, a produção brasileira, também cresceu e, nas últimas décadas, tem se deslocado para áreas cada vez mais distantes dos grandes centros do sul e sudeste do país. A viabilização técnica da produção comercial nos cerrados e a abertura de estradas na região centro-oeste fizeram com que a agricultura comercial, principalmente da soja, modificasse significativamente a paisagem do cerrado brasileiro. Tal cultura ganhou destaque e está integrada a indústrias e mercados nacionais e internacionais, uma vez que se tornou uma atividade altamente lucrativa para o país, chegando a tornar-se a principal matéria-prima para a fabricação de óleo comestível de boa qualidade. Além disso, originou-se num complexo do qual se extraem matérias-primas diversas para os consumos humano e animal e para insumos industriais. Também, é geradora da maior receita entre seus pares, sendo consumida internamente e exportada.

Observa-se que o aumento da produção brasileira é ratificado com dados da Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE, 1999), ao afirmar que o Brasil é responsável por aproximadamente 20% da produção mundial de soja em grãos e é o maior exportador mundial de farelo de soja. É, ainda, o segundo maior exportador de soja e de óleo de soja.

O mercado da soja gerou em 1997 um faturamento em torno de US\$ 24,5 bilhões ou quase 10% do PIB, considerando desde o setor de insumos até os produtos para consumo final, incluindo o mercado externo. Desse modo contribuiu expressivamente na obtenção de divisas para o país (ROESSING; SANTOS, 1997).

Porém, o grau de competitividade do Brasil e de consolidação no mercado exportador mundial dependem da organização produtiva. Com destaque para os elementos da cadeia produtiva que detêm grande parcela dos custos de distribuição e transporte. Desse modo, o tema dessa dissertação se situa na importância da rede de transporte nacional, integrada a uma rede mundial de transporte que poderá trazer ganhos substanciais aos custos finais de produção e venda da soja.

## 1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

No contexto agrícola de produção, surge o agronegócio nacional e mundial, na figura dos produtores, que começam a necessitar de alternativas para o remanejamento do aumento da produção de grãos e a distribuição física desses produtos. Tem-se como alternativa mais viável um sistema logístico integrado à produção (origem) e ao consumo (destino) por meio de uma rota que minimize tempo e custo. Vale ressaltar, que a minimização dos custos passa a ser consequência de uma logística eficiente em que o produto chega no lugar certo, na hora certa e no menor tempo (BALLOU, 2001). Com isso, os subsistemas logísticos como a armazenagem e a cadeia de suprimentos, ou *Supply Chain* (NOVAES, 2001), assumem importância estratégica primordial no processo de armazenagem e distribuição física de alimentos, respectivamente. O desenvolvimento do sistema logístico no campo, após o crescente aumento e evolução da agricultura, influenciou na separação geográfica entre o consumo e a produção. À medida que regiões se especializam em mercadorias que podem ser produzidas com mais eficiência, menores são os custos. O excesso de produção é transportado para outras áreas, enquanto que os produtos não fabricados no local podem ser importados, estabelecendo-se dessa forma a troca entre cidades, estados ou países.

No caso do Brasil, os serviços logísticos não obtiveram o sucesso e o desenvolvimento esperado, no que se refere à infra-estrutura para o escoamento de grãos entre os locais produtores e os centros de distribuição, e isso implicou em perda de competitividade para alguns casos no agronegócio. Os custos são elevados em razão, basicamente, de dois aspectos: à concentração do transporte de mercadorias no modal rodoviário e à falta de investimentos suficientes, a partir dos

anos 80, para manutenção e expansão dos sistemas de transporte em níveis compatíveis com a demanda (CAIXETA FILHO *et al*, 1999). Pode-se dizer, também, que esta é uma parcela importante do custo Brasil e, ao mesmo tempo, é reflexo da queda dos investimentos públicos em infra-estrutura, pois, embora os custos de transporte sejam relevantes, em qualquer atividade econômica, eles se tornam mais significativos no caso dos produtos agrícolas. Além disso, a variável preço é um elemento importante na construção da competitividade de *commodities*, uma vez que sua importância é reforçada pelos cenários agrícolas atuais, que combinam maior abertura e integração regional (FERRAZ, KUPFER e HAGUENAUER, 1995).

Nesta perspectiva, os investimentos em transporte influenciam a localização da atividade econômica e as possíveis melhorias nas suas facilidades permitem unir os fluxos que ligam áreas de produção e consumo, proporcionando novos esquemas de divisão geográfica do trabalho. Dessa forma, mais que exercer influência sobre a localização, uma infra-estrutura eficiente de transporte disponível possibilita uma especialização regional, ao permitir atingir mercados mais amplos e mais distantes. Essa função econômica dos transportes tem sido requerida, mais intensamente, nos tempos atuais em que a globalização imprime uma necessidade de uniformização geral de custos para efeitos de competitividade.

Sob o aspecto econômico, há de se considerar o modelo econômico em ação, cujo sistema de transporte deve estar a seu serviço, sendo que a lógica operacional determinada pelo modelo econômico vigente interfere diretamente na estruturação da configuração físico-operacional da rede de transporte. Dessa forma, como os mercados podem estar localizados em lugares contíguos ou em redes, de uma origem até um destino, deve-se tentar adequar uma fundamentação teórica que se enquadre a esta realidade. Assim, nessa dissertação, utilizou-se a teoria econômica de desenvolvimento regional de forma geral e, na seqüência, uma abordagem mais delimitada do modelo de desenvolvimento, optando-se pela teoria da localização agrícola associada às teorias da vantagem comparativa e competitiva.

Tais pressupostos justificam a importância desse estudo no que se refere à economia competitiva do agronegócio no Brasil, por ser um assunto em pauta na

atualidade com bastante enfoque nos problemas infra-estruturais de transporte. Como também, a extrema importância de estudos sobre a questão da produção de soja do Centro-Oeste, região em expansão, e sua produtividade nacional e mundial, diante dos problemas referentes aos “gargalos de infra-estrutura” para seu escoamento através dos modais existentes e da capacidade portuária brasileira.

Portanto, presume-se que, com possíveis melhorias infra-estruturais nas vias de escoamento de grãos do centro-oeste brasileiro e nos principais portos de exportação, um crescente aumento de produtividade pode ser viabilizado após identificado a melhor alternativa para esse escoamento. Também, se forem identificadas as melhores alternativas de transportes para as regiões produtoras do centro-oeste, através de um modelo que expresse as quantidades ótimas a serem transportadas, os pólos produtores poderão ampliar sua produção e projetar sua competitividade local ao nível internacional.

Para esse tipo de estudo são bastante úteis as ferramentas matemáticas da pesquisa operacional e, dentre essas, as que mais se destacam são o PERT/CPM – com os diagramas de rede e os nós entre os arcos; a Programação Linear, com pacotes computacionais úteis como o *Solver* do Excel ou o *Lindo*, que analisam um número maior de variáveis e restrições envolvidas no modelo. Assim como, para o problema da roteirização da origem e do destino, Ballou (2001) também destaca o *PC\* Miler*, o *Compumac* e o *Logware*, para encontrar as rotas mais desejadas através de uma rede.

Um exemplo de trabalho na área foi realizado por Ferreira (1996), que analisou a competitividade das regiões brasileiras em relação ao complexo de soja. Nesse caso, foi utilizado um modelo de Programação Linear que possibilitou a análise da alocação da produção, processamento e transporte, considerando a demanda de exportação de soja em grão, farelo e óleo bruto e o consumo interno de aves, ovos, suínos e óleo de soja. De maneira semelhante, os autores Veith e Bronzini (1977) *apud* Caixeta Filho (2004) e Hawnn e Sharp (1977) *apud* Caixeta Filho (2004) utilizaram um modelo de rede (PERT e CPM) na determinação do

caminho de menor custo para cada fluxo de mercadorias e, por conseqüência, na estimativa do tráfego no sistema hidroviário dos EUA.

O Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes – GEIPOT (1995) também utilizou um modelo de rede na análise da movimentação de grãos, operando com diversas modalidades e tendo como objetivo principal a redução dos custos de transporte. Foram realizadas simulações com base em cenários alternativos, assim como, analisados os motivos da não utilização de determinadas rotas.

Mais adiante, Oliveira, Santos e Virgens (2001) *apud* Caixeta Filho (2004), identificaram e analisaram as rodovias na alocação modal ótima que minimizavam os custos de transporte entre as áreas de produção e a agroindústria (esmagamento de soja) no Estado de Mato Grosso. No estudo de caso, utilizaram o modelo de localização da produção agrícola de Von Thünen e, como instrumento analítico, foi utilizado um modelo de redes capacitadas, que a partir de uma solução padrão, simular-se-ão vários cenários na melhoria da infra-estrutura de transporte da malha rodoviária e na implementação da rede ferroviária.

Assim, os estudos na área com o apoio de métodos da pesquisa operacional em pacotes computacionais têm sido utilizados com resultados satisfatórios, tornando-se atrativos para o uso no estudo do problema em questão.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além dessa parte introdutória, esse trabalho conta com mais cinco capítulos: o segundo, referente ao referencial teórico e parte da revisão de literatura, destaca-se todo o arcabouço teórico que serviu de base para confecção dessa dissertação embasada na teoria do Desenvolvimento Regional, Teoria da Localização Agrícola, nas vantagens Comparativas e Absolutas como base para a Teoria das Vantagens Competitivas de Michael Porter, na Análise Logística de Redes de Transportes e nos Modelos e Ferramentas Computacionais de Análise de Fluxos. Em um segundo momento, apresentam-se considerações a respeito da revisão de literatura onde a

competitividade é destacada nos diversos setores econômicos e respaldada no modelo do “Diamante” de Porter; utilizou-se também literatura referente à problemática de infra-estrutura brasileira para escoamento de grãos nos diversos estados brasileiros; utilização de modelos de pesquisa operacional nos diversos aspectos como diagramas de redes e literatura referente aos diversos modelos de Programação Linear e suas aplicações, pois desde os economistas clássicos até os mais contemporâneos, diversos autores colaboraram e ainda colaboram para o entendimento do papel da agricultura no desenvolvimento econômico de um país.

No terceiro capítulo, faz-se um levantamento do assunto pesquisado, demonstrando, além de um breve histórico sócio-econômico do complexo de soja no Brasil, sua viabilização econômica e sua competitividade no mercado internacional de grãos, destacando-se o Estado do Mato-Grosso.

No quarto capítulo, a metodologia aparece dividida em duas partes. Na primeira, o material utilizado que se traduz no universo da do estudo em questão, caracterizando o local pesquisado e o procedimento de coleta de dados. Na segunda parte, o método utilizado para a realização da pesquisa é abordado através do modelo conceptual, quantitativo e analítico, juntamente com um fluxograma operacional.

No quinto capítulo, são apresentados e discutidos analiticamente os resultados obtidos a partir da pesquisa bibliográfica e das análises quantitativas e subjetivas sobre o assunto referido. Por último, no sexto capítulo, são colocadas as considerações e recomendações finais, seguidas das referências utilizadas e dos anexos que comprovam os dados expostos no percurso de todo o estudo.

### 1.3 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS

O trabalho possui os seguintes objetivos:

GERAL: analisar a logística de transporte de grãos de soja do Estado do Mato Grosso a partir da projeção de cenários de desenvolvimento econômico de



redes alternativas de transporte, buscando identificar a melhor (ou melhores) rota(s) e os possíveis obstáculos a serem superados para colocar essa região brasileira em condição de excelência na exportação de soja no cenário mundial.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diagnosticar as principais rotas atuais de transporte de grãos (soja) do Estado do Mato-Grosso até os principais portos de exportação brasileiros.
- Analisar a logística do transporte da produção de soja para a rede das rotas atuais, através de simulação dos fluxos em rede de transporte em cenários de desenvolvimento regionais e, conseqüentes, repercussões nestes fluxos e nos custos de transportes.
- Identificar aspectos críticos das rotas de transportes e recomendar as rotas mais viáveis para a produção desejada com base em um modelo de programação linear, no que se refere a minimização dos custos de transportes de escoamento de grãos a partir dos pólos produtores.

#### 1.4 HIPÓTESES: PRIMÁRIA E SECUNDÁRIAS

##### PRIMÁRIA:

O estabelecimento de redes de transportes balanceadas e integradas no território brasileiro, com o alcance necessário para dar à cadeia produtiva da soja as condições de proporcionar um custo Brasil mais baixo e, com isto, baratear os custos do produto final, poderá gerar a capacidade competitiva necessária e tornar o Brasil o maior exportador de soja mundial.

## SECUNDÁRIAS:

- Melhorias infra-estruturais nas vias de escoamento de grãos do centro-oeste brasileiro e nos principais portos de exportação poderão proporcionar aumento de exportações;
- O Modelo de Programação Linear poderá auxiliar na tomada de decisão sobre os investimentos em rotas de transportes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Considerando o problema a ser estudado, que consiste em analisar, sob determinadas circunstâncias, a viabilidade econômica de rotas de escoamento de soja do Brasil, a partir do Estado do Mato Grosso, para o mercado de exportação, dados condicionantes físicos e econômicos territoriais que compõem uma estrutura produtiva com barreiras e facilitadores do processo. Inicialmente, há necessidade de contextualizar o espaço econômico de reprodução das situações condicionantes para, sob aspectos críticos, analisar as potencialidades de utilização de rotas existentes e até propor novas conexões. A caracterização do sistema econômico é fundamental, uma vez que os sistemas de transportes costumam ter configurações variadas diante de condicionantes físico-econômicos dos lugares.

Portanto, o referencial teórico parte da discussão sobre o desenvolvimento, dos modelos e teorias econômicas e, em seguida, dos transportes apresentados dentro do contexto da logística integrada, ligando nós através de arcos, proporcionando as ligações dos elos da cadeia logística. Finalmente, foram tratados os modelos e as ferramentas computacionais de análise de redes que permitiram observar a distribuição dos fluxos nas possíveis rotas.

### 2.1 O DESENVOLVIMENTO REGIONAL E TEORIA DA VANTAGEM COMPETITIVA

Ao passar dos anos, o homem sofreu mudanças de comportamento durante sua trajetória em relação a sua morada, seu meio de vida e em relação ao tempo destinado ao lazer, saúde e descanso, como forma de se adequar melhor à sua sobrevivência. O desenvolvimento regional, historicamente, acompanhou paralelamente esse processo a partir de uma organização racional do espaço e de implantação de equipamentos apropriados, criando dessa forma condições de valorização da terra e as situações mais propícias ao desenvolvimento humano de seus habitantes.

Tobias (1999) procurou sintetizar as correntes de pensamento sobre o desenvolvimento econômico regional, destacando contribuições teóricas

importantes: no caso da questão regional, citou Friedman (1964) que considerou o problema de desenvolvimento regional como um problema de organização espacial, em que o desenvolvimento afeta diretamente a incidência do crescimento econômico que, por sua vez, resulta na localização das atividades econômicas em resposta às atrações regionais diferenciadas. Portanto, as mudanças nos padrões de localização afetam diretamente aos fatores já citados causando mudança na renda, no emprego e no bem-estar social.

Friedman (1964) *apud* Tobias (1999) ainda complementa, que o desenvolvimento regional é uma expressão desses padrões, conseqüentemente, o planejamento regional tem a função de melhorar a organização do espaço para alcançar assim o quadro de desenvolvimento regional esperado. No entanto, esse quadro de desenvolvimento desejado, só seria possível alcançar, se fossem estabelecidas estratégias que possibilitassem operacionalmente a concretização desses objetivos.

Quanto às estratégias de desenvolvimento regional, Lopes (1958) *apud apud* Tobias (1999), ao dizer que as mesmas buscam apoio nas tentativas de teorização do desenvolvimento regional. Por isso, deve-se considerar que subjacente às estratégias existem as teorias e os modelos econômicos correspondentes, para que se possa chegar aos objetivos do desenvolvimento regional desejados.

Vale ressaltar, que não existe uma única teoria que explique ou que inclua todos os problemas relacionados às desigualdades regionais e ao conseqüente desenvolvimento econômico das regiões, concentrando-se em alguns aspectos mais restritos do desenvolvimento regional, devido à grande complexidade do problema e à dificuldade conceitual e analítica para sua aplicação.

Em uma revisão de literatura e síntese das principais contribuições teóricas, Coutinho (1973) estabeleceu duas abordagens principais e a partir delas várias técnicas analíticas foram desenvolvidas:

- a teoria de economia regional, que explica as relações inter-regionais, tais como migrações, transferências de poupança, comércio etc., por meio de modelos analíticos; e
- a teoria da localização, primeira e mais antiga, a qual trata das características funcionais intrínsecas às unidades de produção e “agentes” do sistema econômico, tais como as causas da concentração espacial ligadas a certas características das unidades econômicas de produção (tamanho, escalas ótimas, custos de transporte representando a fricção do espaço).

De forma complementar, Wröbel (1974) *apud* Tobias e Waisman (2001), apresentou um exame crítico das várias teorias de desenvolvimento e classificou alguns grupos de trabalhos teóricos sobre desenvolvimento regional dentro das abordagens de Coutinho:

a) Modelos do tipo “base econômica” e modelos de “estágios de crescimento”: destinados a explicar como cresce a região e operam sob as seguintes hipóteses a respeito da sua estrutura econômica:

- existência de um setor de exportação, diferenciado ou homogêneo, que constitui a atividade mais importante em termos de emprego e renda gerada;
- existência de atividades subsidiárias orientadas para o mercado interno da região (atividades não básicas), sendo que em última análise a renda gerada endogenamente pelas atividades subsidiárias depende do setor exportador; e
- as exportações da região são exogenamente determinadas pelos mercados externos a essa região.

Tal teoria salienta o papel das atividades de exportação para o crescimento econômico, com o modelo teórico descrevendo as contínuas interações entre o crescimento da exportação, seus efeitos multiplicadores sobre a economia regional

que, por sua vez, levam a uma diversificação e crescimento subseqüentes da base de exportação e a um desenvolvimento de substituição de importações.

b) Modelos de Desigualdade de Renda Regional: estes modelos estão baseados na noção de que a desigualdade de crescimento regional é uma condição inevitável e do próprio crescimento. Procuram explicar como o crescimento é transmitido entre regiões partindo do pressuposto que, no estágio de desenvolvimento econômico acelerado de um país, sempre ocorre uma concentração de crescimento em algumas regiões que possuem algumas vantagens comparativas.

Isso é ratificado com o estudo das vantagens comparativas de Ricardo (1817) *apud* Porter (1989), que explicou a necessidade dos países de se especializarem na produção dos produtos que estão mais aptos a fazer e, em seguida, trocar o excedente de suas mercadorias para que todos aumentem seus benefícios, o que ficou conhecido como vantagens absolutas (SMITH, 1776) *apud* PORTER (1989).

A teoria das vantagens comparativas fornece uma explicação para os movimentos de mercadorias no comércio internacional, a partir da oferta ou dos custos de produção existentes nesses países. Logo, os países exportariam e se especializariam na produção dos bens cujo custo fosse comparativamente menor em relação aos existentes, para os mesmos bens, nos demais países exportadores. Dessa forma, proporcionariam o crescimento local baseado nas vantagens regionais que possuísem em relação aos outros países. De outra maneira, não precisariam necessariamente ter vantagem absoluta na produção de qualquer mercadoria, para que o comércio internacional entre ele e outro país fosse mutuamente benéfico. Poderia, apenas, explorar a vantagem relativa na produção que o benefício para os países envolvidos no comércio ocorreria naturalmente.

Tem-se como vantagem relativa, a razão entre o trabalho incorporado a duas mercadorias que fossem diferentes entre dois países, de modo que cada país poderia ter, pelo menos, uma mercadoria na qual a quantidade relativa de trabalho

incorporado fosse menor do que a do outro país, isto é, menor custo de oportunidade para produzir uma mercadoria. Dessa forma, Ricardo (1817) *apud* Porter (1989) argumenta coerentemente sobre o benefício gerado a partir do livre comércio internacional para dois países, pois explica que mesmo que um deles produzisse todas as mercadorias comercializadas mais eficientemente do que o outro, essa troca ainda será vantajosa para ambos. Ricardo foi um dos primeiros economistas a explicar que, como o capital era relativamente imóvel entre as nações, era preciso elaborar uma teoria separada do comércio internacional, diferenciando do comércio interno do país. Tal teoria encontrou amparo também no modelo desenvolvido por Hirschman (1958).

No modelo de Hirschman é feita uma análise sobre a interação entre duas regiões em termos de “efeito de polarização”, o que conduz a um crescimento mais acelerado na região mais desenvolvida à custa da outra, como também, aos efeitos de “escoamento” que levam os benefícios do progresso da região mais desenvolvida para a menos desenvolvida. O que ratifica e ampara o modelo das vantagens comparativas.

c) Modelo elaborado em torno do conceito de “pólos de crescimento”, distinguindo-se as escolas de pensamento francesa, que agrupa os seguidores do autor do conceito, Perroux, e a anglo-americana liderada por Friedman, numa versão mais contemporânea (TOBIAS, 1999).

Perroux *apud* Tobias (1999) elaborou e desenvolveu a teoria dos pólos de crescimento, segundo a qual o crescimento econômico não se faz de forma dispersa por todo o espaço de um país, mas se manifesta em algumas regiões favorecidas por várias circunstâncias, onde surge uma indústria motriz e, como consequência, o reflexo da ação dessa indústria é a propagação desse crescimento, expandindo-se e beneficiando as regiões que a cercam, ou que são por ela polarizadas.

A influência dos pólos é direcionada por caminhos que interligam a área polarizada ao pólo, como as estradas, cuja expansão permite o crescimento dos pólos principais pela expansão da sua área de influência, pela formação de “nós de

tráfego e de zonas de desenvolvimento” (TOBIAS, 1999). O aprofundamento dos estudos regionais e do papel dos pólos no desenvolvimento permitiu constatar a existência de alguns tipos distintos de pólos regionais. A classificação da rede urbana apresentada na teoria dos pólos é muito importante, pois permite conhecer as inter-relações entre as funções dos vários centros e sua localização no espaço regional, acrescida da teoria da localização agrícola que auxilia a definir a localização espacial da economia em função de fatores agrícolas como a terra.

Além dos conceitos referentes aos “pólos de crescimento” urbanos, destacam-se os conceitos referentes à teoria da localização agrícola proposta inicialmente por Von Thünen (1826) *apud* Wright (1980), que realizou as primeiras análises atinentes às relações entre a localização espacial e os padrões de utilização da terra. Em sua teoria, Von Thünen procurou determinar a influência das cidades, a partir dos “pólos de crescimento” urbano, na produção agrícola, bem como, a distribuição espacial das culturas, em função de seu valor, constituindo-se no que se convencionou chamar “anéis de Thünen”. Para explicar seu modelo, admitiu a existência de uma planície uniforme no que diz respeito ao solo, ao transporte e a todos os outros fatores, com um único mercado localizado no centro e, a partir daí, os custos de transporte são proporcionais à distância em toda planície de modo que as diversas culturas se localizam dentro de faixas marcadas.

O modelo procurou mostrar que, fixadas as demais condições como a produtividade, no entorno de uma cidade onde estaria concentrado o mercado, a terra seria usada para plantar o produto com maiores custos de transporte. Na medida em que houvesse um afastamento da cidade, a terra seria usada para produtos cujos custos de transporte fossem menores, resultando assim em círculos concêntricos em torno das cidades dedicados ao plantio de produtos com custos de transporte inversamente proporcionais à sua distância da cidade. Pressupõe-se ainda, um preço único para cada tipo de produto na cidade (mercado) e custos de transporte proporcionais à distância em toda superfície. O preço efetivo que o produtor recebe é igual ao preço do produtor menos o custo de transporte.



Assim, o desenvolvimento da localização rural passa a ser influenciada pelos pólos de desenvolvimento ou crescimento dos grandes centros urbanos, no que se refere à essa localização entre a produção e os mercados consumidores, determinando a configuração regional da distribuição espacial de fixos e fluxos (SANTOS, 1994).

Com o avanço dos estudos na área, Porter (1989) estabeleceu uma explicação mais complexa para as relações econômicas regionais, quando apresenta seu modelo do “diamante” que enfatiza a competitividade em função de quatro categorias básicas: condições de fatores, condições de demanda, estratégia, estrutura e rivalidade e setores correlatos (*Clusters*). Ver Figura 1.

Porter (1989) traduziu a vantagem competitiva como sendo gerada e mantida através de um processo altamente localizado. As diferenças nos valores nacionais como, por exemplo, a cultura, as estruturas econômicas, as instituições e a história são fatores que contribuem para o êxito competitivo. Em todos os países percebem-se disparidades marcantes nos padrões de competitividade, a medida em que nenhum país é capaz de competir em todos nem mesmo na maioria dos setores. Em última instância, os países obtêm êxito em determinados setores porque o ambiente doméstico é o mais progressista, dinâmico e desafiador. Nesse contexto, Porter citou o paradoxo competitivo da globalização:

O aparente paradoxo entre a globalização da competição e a grande importância do país, e mesmo da localidade mais restrita em termos de vantagem competitiva, pode ser resolvido através do reconhecimento de que o paradigma que governa a competição entre localidades se transferiu da vantagem comparativa para a vantagem competitiva. (PORTER, 1999, p.85).

Porém, atualmente, a globalização permite que as empresas compensem as vantagens comparativas através da aquisição de insumos como matérias-primas, capital e até mesmo conhecimento científico genérico, em qualquer lugar do mundo, e dispersem para o exterior determinadas atividades, de modo a tirar proveito do trabalho ou do capital de baixo custo. Assim, a empresa global precisa dessa forma de atuação destacada, para atingir a eficácia operacional. Portanto, a não-dispersão

das atividades para o acesso às vantagens comparativas será fonte de desvantagem competitiva, mas a dispersão em si não resultará em vantagem competitiva simplesmente.

Uma definição simples e direta de competitividade foi explicada por Porter (1999) "você é competitivo quando tem um desempenho no longo prazo acima da média de seus concorrentes". Portanto, tem-se com o "Diamante" de Porter a inclusão de mais variáveis à competitividade, diferenciando seu referencial teórico da teoria das vantagens comparativas enunciada por Ricardo, identificando a existência de outras variáveis além dos custos mais baixos de produção quando afirmou que:

Devemos levar em conta as diferentes fontes de vantagem competitiva em diferentes indústrias, em lugar de depender de uma única e ampla fonte, como custo de mão-de-obra ou economias de escala. Como os produtos são diferenciados em muitas indústrias, devemos explicar por que as empresas de certos países são mais capazes de diferenciar do que outras e não nos concentrar, apenas, nas diferenças de custo. Os competidores globais, desempenharam com frequência, certas atividades na cadeia de valores fora de seu país sede. (PORTER, 1999, p.167).

Durante muito tempo considerou-se como vantagem competitiva, entre os países, alguns fatores que hoje em dia são relativos: baixo salário, mão-de-obra farta e taxas de câmbio favorável. Em contraposição a esses argumentos, tem-se o fato de que certos países como a Alemanha, Suíça e Suécia, que não possuíam mão-de-obra farta e pagavam salários altos, no entanto, prosperaram e são altamente competitivos.

Ainda segundo este autor, a vantagem competitiva das localidades decorre não apenas da disponibilidade de insumos de baixo custo ou de aspectos relacionados com o tamanho, mas também da produtividade superior na utilização dos insumos, pois os insumos básicos criam desvantagens competitivas e não vantagens. Dessa forma, as vantagens competitivas duradouras de uma localidade resultam de um ambiente em que as empresas sejam capazes de operar produtivamente e de inovar constantemente, além de aprimorar suas formas de competição para chegar a níveis mais sofisticados, permitindo, assim, o aumento da produtividade.

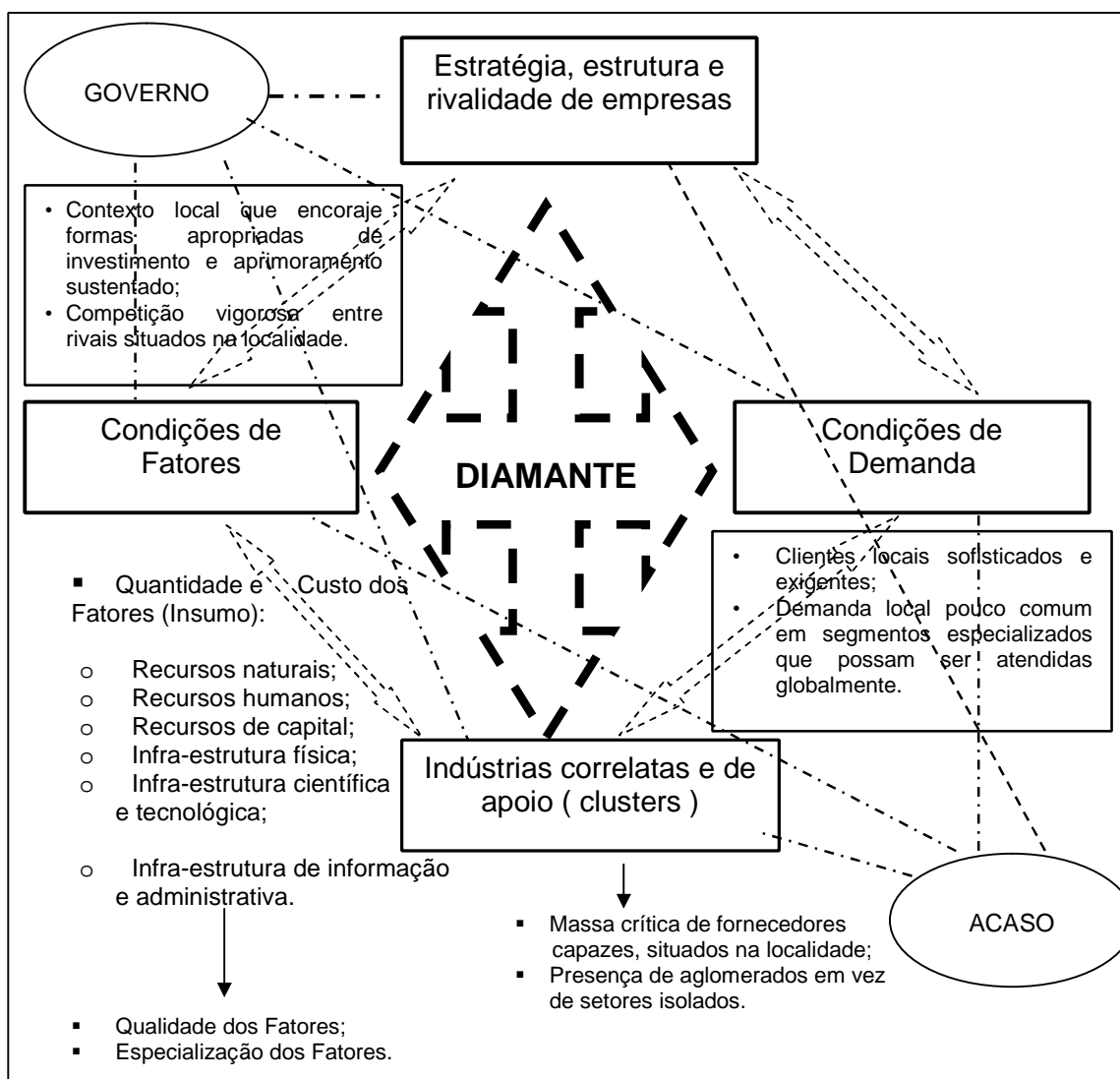


Figura 1 Determinantes da Vantagem Competitiva Nacional: "Diamante" de Porter.

Fonte: PORTER (1999), p.224, com adaptações.

Pode-se dizer que o principal objetivo de um país consiste em proporcionar um padrão de vida elevado e crescente para os cidadãos. A capacidade para tanto depende da produtividade com que o trabalho e o capital atuam. A produtividade é determinante, a longo prazo, do padrão de vida de um país, pois é a causa fundamental da renda nacional *per capita*.

Muitas vezes a competitividade é influenciada por inovações tais como: novas tecnologias, novas necessidades do comprador, aparecimento de novo segmento de indústria, custo ou disponibilidade oscilante de insumos, mudanças nos

regulamentos governamentais. Assim, o competidor deve apreciar as características exclusivas que cada região oferece a seus produtos, então a competição se fará dentro do campo das vantagens competitivas, ou seja, aquela que apresentar melhor relação custo/benefício.

Não apenas essas vantagens comparativas são relativas aos custos de produção menores, mas também a inúmeros fatores que comporão o preço final do produto como valores de frete até o destino, vantagens ou desvantagens fiscais, subsídios governamentais auferidos a determinados produtos, escalas de importação e outros. Em um mercado globalizado esses fatores tornam-se muito relevantes e de certa forma anulam as vantagens comparativas da exclusividade do produto, realçando as vantagens competitivas.

Porter (1989) também se preocupou em discutir vantagens competitivas de cidades e regiões. Dentro da linha de discussão verificam-se quais são, segundo ele, as determinantes da vantagem competitiva nacional. Aproveitar-se-á o tratamento que o autor deu aos países para se discutir como esse processo influenciou o que aqui se considera como espaços globalizados do centro-oeste brasileiro.

As condições de competitividade estão localizadas dentro de um só país, em diferentes pontos, para diferentes atividades. Estimulado pelo interesse que despertam os desempenhos de empresas de sucesso em determinadas nações, esse autor lida também com as concentrações de empresas em determinadas porções territoriais, em nível regional, dentro dos países.

Na Figura 1, utilizou-se o chamado “Diamante” de Porter para ilustrar seu conceito que, aplicado ao centro-oeste brasileiro, no Estado de Mato-Grosso, possui a finalidade de melhor adequar o modelo embasado no diamante como instrumento de avaliação competitiva da região, através dos implementos logísticos infra-estruturais a partir de modelos de programação linear que indiquem as melhores rotas para o escoamento da produção local para que o custo de transporte total seja mínimo dentro das restrições dos fluxos estabelecidos. Na medida em que a produtividade vem crescendo no decorrer dos anos e a competitividade do Mato-

Grosso, perante o mercado internacional, necessita de minimização de custos de transportes para se efetivar como “seleiro do mundo” em grãos de qualidade e preços baixos, compensando a presença dos subsídios Norte-Americanos no setor, reduzindo assim seus impactos competitivos.

Os determinantes de Porter interagem entre si, criando uma relação sistêmica do “Diamante”. Isso não significa dizer que todas as empresas de um país alcançarão a vantagem competitiva nacional, é mais provável que muitas fracassem, na medida em que nem todas têm competência e recursos iguais nem exploram o ambiente nacional com a mesma eficiência. Assim, as companhias que surgem desse ambiente de negócios prosperarão na competição internacional.

O “Diamante” é um sistema mutuamente fortalecedor, pois o efeito de um determinante é dependente do estado dos outros. Condições de demanda favoráveis, por exemplo, não levarão a vantagem competitiva se o estado de rivalidade não for suficiente para fazer com que as empresas respondam a elas. Vantagens em um determinante também criam (ou aperfeiçoam) vantagens em outros.

Dessa forma, torna-se necessário demonstrar por meio da Figura 1, os determinantes alocados em forma de “Diamante”, para melhor visualização do nível de correlação entre eles. À medida que os determinantes são altamente dependentes um do outro, implica em aumento de competitividade posto que esta só destacar-se-á como diferencial competitivo mediante a integração completa entre as condições de fatores, as condições de demanda, indústrias correlatas e de apoio e a rivalidade entre as empresas, desde que estejam todos presentes no local pesquisado.

Estes determinantes criam o ambiente nacional no qual as empresas nascem e aprendem a competir, conforme demonstrado na Figura 1. Cada ponto do diamante – e o diamante como um sistema – afeta os ingredientes essenciais para se alcançar sucesso competitivo internacional; a disponibilidade de recursos e

habilidades necessárias à vantagem competitiva no setor; a informação que dá forma às oportunidades percebidas pela empresa e à orientação utilizada para seus recursos e habilidades; as metas de proprietários, gerentes e indivíduos nas empresas; e, mais importante ainda, as pressões sobre as empresas para investirem e inovarem.

Quando um ambiente nacional permite e dá suporte a mais rápida acumulação de recursos e habilidades especializadas – por vezes simplesmente graças a um maior esforço e comprometimento – as empresas ganham uma vantagem competitiva. Quando um ambiente nacional pode obter melhores informações novas e uma visão maior das necessidades do produto e do processo, a empresa ganha uma vantagem competitiva. Finalmente, quando o ambiente nacional pressiona as empresas para que inovem e invistam, as empresas tanto ganham uma vantagem competitiva como modernizam essas vantagens ao longo do tempo.

Assim, Porter (1999) minimiza o hiato entre a vantagem comparativa e a vantagem competitiva quando utiliza recursos disponíveis nacionalmente e aplica-os aos seus estudos de competitividade para desenvolvê-los e melhor adequá-los, pois vantagem comparativa não representa mais sinônimo de competitividade pelas vantagens locais disponíveis (terra, mão-de-obra, clima, produtividade, entre outros).

Pode-se dizer que a vantagem competitiva de uma localidade consiste na qualidade do ambiente que ela proporciona para a consecução de níveis elevados e crescentes de produtividade, em uma determinada área de atuação. Como também, da interação entre os agentes que compõem o diamante de forma sistêmica, pois, desta maneira, a competitividade local acontece. Contudo, destaca-se no diamante a questão da infra-estrutura, associada às condições de fatores, que influenciam diretamente na competitividade do “diamante”, ressaltando-se a necessidade de uma organização logística para o setor.

## 2.2 A LOGÍSTICA INTEGRADA E AS OPERAÇÕES GLOBAIS

O sistema logístico no Brasil se desenvolveu ativamente somente a partir da década de 1980 quando ainda era conhecido como Distribuição Física, o que significava a forma com que as mercadorias eram transportadas de um ponto a outro sem nenhuma associação com as áreas de Suprimentos e Administração de Materiais. Colocar o produto certo, na hora certa, no tempo certo e com o menor custo possível (BALLOU, 2001) passou a ser a referência básica para os procedimentos logísticos em todos os setores.

A logística de qualquer empresa é um esforço integrado com o objetivo de ajudar a criar valor para o cliente pelo menor custo total possível, e ela existe para satisfazer às necessidades do cliente, facilitando as operações relevantes de produção e marketing. Do ponto de vista estratégico, os executivos desse setor procuram atingir uma qualidade predefinida de serviço ao cliente por meio de uma competência operacional que represente o “estado-da-arte”. O maior desafio passou a ser equilibrar as expectativas de serviços e os gastos de modo a alcançar os objetivos do negócio.

Em 1991, o Conselho de Administração Logística - *Council Of Logistics Management* – CLM, traduz a palavra logística como sendo a parte do processo da cadeia de suprimento que planeja, implementa e controla o eficiente e efetivo fluxo e estocagem de bens, serviços e informações relacionadas, do ponto de origem ao ponto de consumo, visando atender aos requisitos dos consumidores. Sendo assim, a logística pode ser subdividida em cinco fases que, ao serem analisadas conjuntamente, pode-se chamar de logística integrada.

A primeira fase é a fase zero, na qual a logística é entendida apenas como Administração de Materiais, sendo subdivida em: Gestão de Estoques, Gestão de Compras e Movimentação de Materiais. A segunda fase, fase um, destaca a logística como uma associação entre a Administração de Materiais e os Transportes, destacando as atividades de transportes, otimização de rotas e custo com transportes.

A terceira fase, fase dois, é conhecida por princípio de Logística Integrada, na qual se destaca a visão sistêmica da empresa e a integração por sistemas de informática. Na quarta fase, fase três, destaca-se o *Supply Chain Management* (Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos) com integração de fornecedores e de canais de distribuição como pode ser visto na Figura 2. O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos pode ser entendido como uma filosofia, que introduz um novo modelo de pensamento de gestão organizacional, com a exigência de que todas as unidades operacionais da empresa e da cadeia de valor estejam estrategicamente integradas e orientadas para o cliente específico.

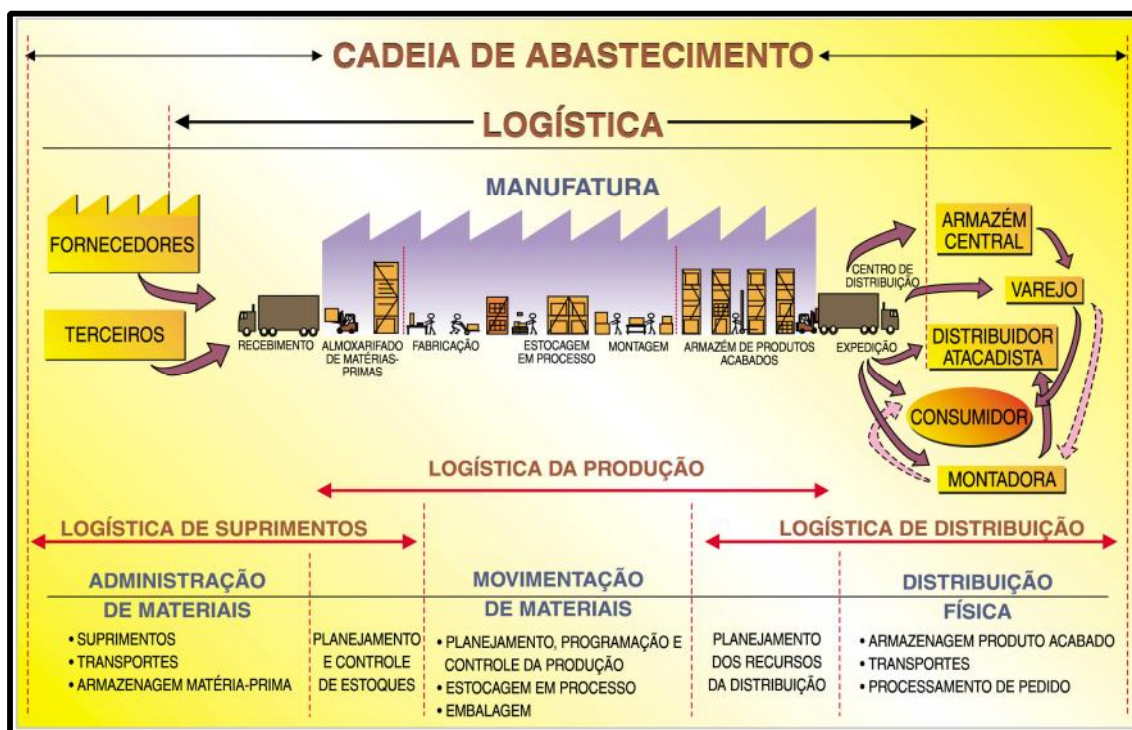


Figura 2 Logística Integrada e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

Fonte: Elaboração do autor.

Na quinta fase, fase quatro, surge o movimento ECR - *Efficient Costumer Response* (Eficiente Resposta ao Consumidor), que destaca como característica básica, alianças estratégicas e Canais Alternativos de Distribuição. Assim, essas fases, em conjunto, compõem o que se conhece atualmente por Logística Integrada.



O modelo econômico mundial do século XXI ressaltou a extrema importância da aplicabilidade da logística no contexto atual das organizações, à medida em que se tratou não apenas de um novo conceito revolucionário, como também, de uma realidade a qual as empresas não podem mais deixar de lado se quiserem se manter fortes e ativas no mercado competitivo atual.

Em função desse desenvolvimento logístico, a economia mundial se reorganizou e o que está em evidência é a formação de grandes blocos econômicos e a quebra de barreiras alfandegárias entre diversas nações. E, como a logística trata da otimização da utilização e disponibilização de recursos, ela presta um valioso auxílio na resolução dessas questões. Além de possibilitar economias, ela também pode dar velocidade às organizações, permitindo que estas se tornem competitivas, também, no decorrer do tempo. Assim, para problemas que envolvem movimentação de um material, ou de uma informação, de um lugar a outro, no campo da Logística, existirá um envolvimento com atividades de Transporte, Movimentação e Armazenagem, Planejamento e Controle de Estoques e Planejamento e Controle Logístico da Produção, tornando necessário algumas estratégias de logística integrada.

Dessa forma, pode-se dizer que o desenvolvimento está mudando definitivamente as características dos fluxos logísticos globais, em relação à sua intensidade, às suas necessidades físicas, dentre outras. Em relação aos fluxos, duas tendências destacam-se no contexto da globalização: a intensificação do tráfego, que está sobrecarregando a capacidade da infra-estrutura em muitas áreas e, o rápido crescimento de fluxos de retorno causados pela crescente preocupação com os assuntos ecológicos, pela maior agressividade nas técnicas de vendas e até mesmo pelo desbalanceamento internacional dos fluxos.

Sabe-se que o desenvolvimento do comércio internacional está condicionado à eficiência do sistema de transporte, tanto no que diz respeito à estrutura deste sistema, como ao seu funcionamento. A frequência, a rapidez e a regularidade dos modos de transporte influenciam diretamente na distribuição e nos preços das mercadorias exportadas, bem como nos métodos de comércio. Dessa

forma, a escolha do modo de transporte deve ser feita de acordo com o tipo de mercadoria a ser transportada, resistente, perecível, de alta precisão e outros fatores devem ser levados em consideração, assim como o local de destino, que pode influenciar no preço do produto, tanto pela distância como pela facilidade de acesso.

Atualmente, as sobrecargas na capacidade da infra-estrutura afetam virtualmente todas as formas de transporte – aéreo, rodoviário, ferroviário, marítimo – em todas as partes do mundo. Na Europa, por exemplo, congestionamentos, gargalos e falta de capacidade no sistema de rodovias causam maiores tempos de entrega e menor confiabilidade no transporte. Na medida em que eles geram custos extras associados à menor qualidade do serviço, atraso na movimentação de produtos, quebras na produção, menor produtividade no uso de veículos, maiores custos de energia e horas-homem perdidas. Na França, tais perdas totalizaram 17 bilhões de francos em 1993 e estima-se que alcançarão 275 bilhões de francos por volta do ano de 2010 (PORTER, 1989).

Esse fenômeno traduz, na verdade, que as corporações devem modificar sua organização logística e propor novas soluções, ou seja, meios alternativos de transporte, novos locais para armazéns, ou realocação de estoque. Mais especificamente, as empresas precisam alterar sua visão de operações em qualquer dos seguintes modos em resposta aos problemas da infra-estrutura, como: aumentar áreas de compras, implementando políticas de compras internacionais; buscar áreas geográficas mais amplas e maior mobilidade de instalações produtivas e implementar a distribuição para mercados do mundo inteiro.

Dessa forma, a gestão de operações e logística é forçada a adaptar-se ao ambiente competitivo estratégico atual. À medida em que, o sistema logístico, formado por todos os membros da cadeia global de suprimentos, enfrenta pressões para integrar suas atividades, e essa integração assume diferentes configurações, dependendo de como os fatores ambientais afetam as empresas envolvidas. Assim, pode-se destacar a integração proposta acima em três tipos: geográfica; funcional e setorial. Esses três tipos formam a base da metodologia de operações logísticas globais, fazendo com que as empresas definam métodos específicos de gestão e

organização para torná-las possíveis, pois, ao serem tomados em sua totalidade, formam o que se pode chamar de logística e operações globais, conforme representado na Figura 3.

Dessa forma, na medida em que a logística interfere diretamente na economia local, posto que ela passa a ser o elo ou fluxo de ligação (gerenciamento) entre os locais produtores e os consumidores, buscando minimização de custos e maximização de lucros para as organizações, a mesma assume um papel importante no desenvolvimento regional, nacional e mundial. Logo, para que esse gerenciamento logístico seja realizado com plena eficácia, a utilização de modelos matemáticos e programas computacionais têm sido amplamente difundidas como suporte ao processo de tomada de decisões.



Figura 3 Três Pólos que Compõem a Gestão de Logística e Operações Globais

Fonte: PORTER (1999) p.189, com adaptações.

O primeiro tipo de integração – geográfica – refere-se ao fato de que as fronteiras geográficas estão perdendo sua importância. As empresas enxergam suas redes de instalações mundiais como uma única entidade. A implementação de compras globais, o estabelecimento de instalações de manufatura em todos os continentes e a venda em múltiplos mercados, todos implicam a existência de uma visão de operações e logística projetadas tendo em mente mais que considerações nacionais.

Na Europa, a integração geográfica tem ocorrido a um passo rápido desde 1º de janeiro de 1993. Naquela data, impostos diferenciados entre países da comunidade econômica européia foram abolidos. Essa eliminação de fronteiras fez com que empresas repensassem suas estruturas de fluxo físico para toda a Europa. A prática usual de definir subsidiárias de vendas em cada país e criar sistemas de suporte logístico e produção específicos para cada um já não era apropriado.

Esse mesmo tipo de organização integrada está emergindo em todo o mundo. Empresas já não encaram a produção como específica para o país, mas vêem-na em escala global. Isso tem sido possível pela completa integração geográfica de logística e operações. É possível para uma empresa fabricar ou comprar alguns componentes em um país, tê-los entregues em outro país para a montagem final e, finalmente, movê-los para um terceiro país para a venda.

A integração geográfica torna-se possível não apenas pelas tecnologias de processamento e comunicação de dados, mas também graças a novos excelentes meios de transporte em todo o mundo. Serviços de entrega expressa, tais como Federal Express, DHL, UPS e TNT, com seus aviões, *hubs*, sistemas de coleta, sistemas de rastreamento e entrega final, permitem que as empresas enviem artigos para longas distâncias no mínimo tempo possível e a um baixo custo se comparado ao custo de carregar estoques.

As responsabilidades da gestão de operações e logística já não se limitam a coordenar os fluxos físicos relacionados à produção, distribuição ou serviços pós-vendas. Elas estão se expandindo para incluir funções como pesquisa, desenvolvimento e marketing no projeto e gestão dos fluxos consideravelmente.

Ao preparar projetos para o desenvolvimento de novos modelos, fabricantes de automóveis como a Renault na Europa, por exemplo, têm duas equipes trabalhando em conjunto: uma do departamento de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e outra no grupo de logística. A responsabilidade das equipes é simular os fluxos necessários nos estágios de compra e manufatura de acordo com os elementos preparados pela unidade de P&D. O departamento de logística, por

exemplo, pode influenciar o estágio de projeto do automóvel, recomendando modificações de forma a criar economias em logística.

Em cadeias de suprimentos tradicionais, fornecedores, fabricantes, distribuidores e clientes trabalham cada um de forma a otimizar sua própria logística e operações. Eles atuam individualmente, preocupados apenas com sua parte no sistema de fluxo. Como resultados inadvertidamente criam problemas e ineficiências para outros participantes da cadeia – sendo que todos adicionam custos ao sistema total. Empresas líderes, percebendo esse problema, estão começando a estender sua visão para além das fronteiras da corporação e a trabalhar cooperativamente com todas as partes da cadeia em um esforço para otimizar todo o sistema. A essa cooperação além das fronteiras, chama-se integração setorial.

No campo de produtos de consumo, o ECR (*Efficient Consumer Response* ou Resposta Eficiente ao Consumidor) tem sido uma das primeiras tentativas bem sucedidas da integração setorial. Produtores, distribuidores e varejistas têm conjuntamente definido áreas de cooperação e têm desenvolvido soluções derivadas da perspectiva de suprimento, em vez de direcionadas pelos próprios produtos. Há uma mudança na orientação. Para o produtor, vender o produto para um distribuidor não é, em última análise, o objetivo. Em vez disso, o distribuidor é um canal pelo qual o produtor atinge o consumidor final. É de melhor interesse para ambas as partes – produtor e distribuidor – cooperar de forma a satisfazer ao cliente final. Assim, alguns dos resultados dessa cooperação são: otimização do fluxo de produtos, lançamento eficiente de novos produtos, adequação da gama de produtos à demanda, coordenação eficaz de promoções e negociações, dentre outros.

Portanto, os três tipos de integração – geográfica, funcional e setorial – são os principais *drivers* que utilizamos para explicar a metodologia para uma nova visão global de operações/logística. Compreendendo as implicações particulares em cada caso, empresas podem definir o quão bem devem estar preparadas para enfrentar as forças do ambiente que encontram e assim obter vantagem competitiva.

Porter (1989) classifica as atividades de valor em duas categorias: atividades primárias (logística de suprimento, operações, logística de distribuição, marketing e vendas, assistência técnica) e atividades de apoio (infra-estrutura da empresa, gerenciamento de recursos humanos, desenvolvimento de tecnologia, aquisição de insumos e serviços). A margem é o resultado da subtração dos custos referentes às atividades de valor, do valor do produto.

Ao se adquirir um produto numa determinada loja, por exemplo, a um determinado preço, o pagamento realizado cobre uma série de atividades que participaram do processo de projeto, fabricação, transporte e dos serviços complementares associados a esse produto. Essas atividades podem ser representadas através do uso de uma cadeia de valores. Porter (1989) apresenta graficamente a composição dessas atividades através da Figura 4.

Porter (1989) relaciona cinco categorias genéricas de atividades primárias. Essas categorias podem ser subdivididas em uma série de atividades que dependem de características específicas da indústria e da estratégia da empresa:

- Logística Interna: composta pelas atividades de recebimento, armazenagem e distribuição de insumos, controle de estoques, manuseio de material e programação de frotas;
- Operações: São as atividades relacionadas com a transformação dos insumos em produtos finais;
- Logística Externa: Atividades associadas à coleta, armazenagem e distribuição física do produto para compradores, como armazenagem de produtos acabados, manuseio de materiais, processamento de pedidos e programação;
- Marketing e Vendas: Oferecem um meio pelo qual compradores entram em contato com os produtos de uma empresa; e

- **Serviços:** É a categoria composta pelas atividades de suporte ao cliente, compreendendo os serviços de pré-vendas (telemarketing, informações aos clientes, entre outros) e os de pós-venda (garantia e assistência técnica por exemplo).



Figura 4 A Cadeia de Valores Genérica

Fonte: Porter (1989) p.35, com adaptações.

## 2.3 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL, DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL E DOS TRANSPORTES

Os cenários de desenvolvimento utilizados atualmente, para uma análise da organização espacial, sugerem uma análise retrospectiva para possíveis projeções em cenários prospectivos.

### 2.3.1 Análise Retrospectiva

A análise retrospectiva parte da premissa de que a situação atual de uma região seja resultado de um processo de evolução das variáveis relevantes, possibilitando o estabelecimento dos estágios de organização espacial, de desenvolvimento regional e das redes de transportes ao longo de sua história, denominada de periodização, permitindo a caracterização do seu cenário atual.

Portanto, a análise retrospectiva é constituída dos seguintes procedimentos: delimitação da região em estudo, determinação dos atores e variáveis relevantes e caracterização do cenário atual.

Definidas, então, a delimitação do sistema e as considerações sobre os atores e variáveis relevantes, pode-se efetuar a análise retrospectiva da região, através de um estudo formal de seus aspectos qualitativos e quantitativos, de uma análise de conteúdo, denominada de periodização e, finalmente, da identificação de condicionantes e potencialidades da região sob estudo.

A caracterização do cenário atual resulta da análise da evolução regional, ou seja, da periodização e da identificação dos condicionantes e potencialidades, sendo constituída de algumas etapas básicas:

a) A descrição do comportamento das variáveis relevantes frente ao cenário, identificando-se os seus condicionamentos: procura-se estabelecer a situação de cada variável frente aos condicionamentos do cenário atual, servindo como um diagnóstico e, ao mesmo tempo, como base para a elaboração dos cenários regionais alternativos.

b) A caracterização das redes de transporte: são feitas as caracterizações modais das redes de transporte no cenário atual, que servirão como base para a análise prospectiva das redes dos cenários regionais alternativos.

c) Análise dos fluxos: definidas as redes de transportes, são apresentados os seus fluxos atuais, permitindo a visualização de sua situação de alocação atual nas respectivas redes. A seguir, procede-se uma análise destes fluxos, sob o enfoque da relação causa-efeito, buscando-se estabelecer relações entre os mesmos e outras variáveis, para uso posterior na análise prospectiva.



### 2.3.2 Análise Prospectiva

A análise prospectiva se estabelece sob a hipótese de que analisando um sistema com base em tendências e eventos influentes, pode-se imaginar linhas de evolução para estados futuros alternativos de comportamento do sistema, ou seja, cenários.

Tais linhas de evolução permitem a caracterização de cenários regionais alternativos, que terão redes bem específicas, dadas as suas particularidades projetadas a partir de uma análise prospectiva.

#### 2.3.2.1 A Técnica de Análise de Cenários

A técnica de análise de cenários como instrumento de análise prospectiva, remete a técnica de elaboração de cenários que tem a vantagem de ser muito flexível. A partir do conhecimento de como as variáveis relevantes do sistema interagem entre si e com o ambiente no passado, procura-se delinear o seu comportamento futuro, partindo do princípio de que todos os futuros emergentes são plausíveis.

Baseada, então, no julgamento subjetivo, a elaboração de cenários segue a proposta dada por Godet *apud* Tobias (1999), que tem como etapa inicial a construção de uma base, ou seja, a imagem do estado atual do sistema a partir da qual o estudo prospectivo poderá se desenvolver.

A construção da base do cenário atual se desenvolve em três fases: a delimitação do sistema, o diagnóstico da situação atual e a análise da sua evolução. Construída a base, inicia-se a parte prospectiva propriamente dita, subdividida em duas fases: a elaboração de um cenário tendencial e de cenários contrastados (alternativos) e a descrição do que acontecerá nos vários períodos que compõem o horizonte de estudo.

O horizonte dos cenários dependerá do horizonte de planejamento definido pelo planejador e também do tempo de amadurecimento dos efeitos de uma decisão no espaço de tempo e ambiente considerados. O ideal é que o horizonte do cenário seja tal que todas as decisões dentro do horizonte de planejamento tenham os seus efeitos observados dentro do mesmo.

Os componentes de um cenário podem ser caracterizados como um conjunto de variáveis, que podem se apresentar no futuro em diversas situações alternativas. Dentro de um cenário há variáveis internas sob controle do planejador, que definem políticas a serem adotadas, e variáveis externas sobre as quais o planejador tem pouco ou nenhum controle, as quais configuram situações a enfrentar.

Em função das decisões tomadas no horizonte dos cenários, cada variável terá maior ou menor grau de influência na determinação dos estados futuros do sistema. Assim, os cenários surgem da ação conjunta do planejador, que tem objetivos específicos a serem atingidos pelo planejamento; e do meio ambiente, incluindo fatores naturais e externalidades.

Existem os mais diversos processos de elaboração de cenários, desde descrições literárias até semi-automatizadas. Uma tendência atual, segundo Ávila e Santos (1989), é a utilização cada vez maior de técnicas de elaboração de cenários apoiadas em julgamento subjetivo, não se restringindo a respostas deduzidas de forma lógica. Existem três categorias principais de cenários: Cenários Evolutivos e Cenários Antecipatórios; Cenários Tendenciais e Cenários Alternativos; Cenários Exploratórios e Cenários Normativos. Existem outras propostas de classificações de cenários mas, em geral, os conceitos se repetem em cenários de situação, caracterizados por descrições das imagens futuras e cenários de evolução, nos quais são apontados caminhos que serão trilhados.

O uso de cenários como técnica de planejamento é a possibilidade de incorporação dos efeitos de fenômenos não técnicos e não quantificáveis nos estudos prospectivos. Além disso, força a aceitação da incerteza do futuro na

atividade de planejamento; possibilita a incorporação de pontos de vista diferentes; estimula o desenvolvimento de um sistema estruturado para monitorar tendências e eventos importantes; propicia a oportunidade de identificar o ponto no qual decisões terão que ser tomadas no futuro.

Devido às suas características, a técnica de elaboração de cenários é bastante utilizada no planejamento estratégico do setor privado e de agências governamentais, oferecendo para o setor privado um panorama futuro de mercado, as probabilidades de ocorrência de descontinuidades e confirmação de tendências; e para o setor público, a formulação de políticas visando solucionar problemas existentes, seleção de políticas alternativas e estimativa de efeitos das políticas escolhidas, podendo o uso de cenários ser feito em qualquer uma dessas etapas.

No entanto, a técnica de cenários envolve restrições, tais como, a quantidade de cenários mais adequada; as variáveis que devem ser incorporadas à análise e a forma da apresentação. O número de cenários deve ser limitado, facilitando-se o posicionamento do tomador de decisão e a compreensão dos impactos reais de suas atitudes. Assim, a quantidade de cenários é determinada, particularmente, pelas necessidades do tomador de decisão.

A estratégia é, então, desenvolver cenários alternativos forçando o tomador de decisão reconhecer a incerteza que ele enfrenta. A experiência tem mostrado que três a seis cenários são considerados satisfatórios para análise. No que diz respeito às variáveis, deve haver grande atenção no sentido de envolver todos os seus inter-relacionamentos. E, em sua forma de apresentação, os cenários devem ser ilustrativos, contendo uma descrição detalhada do possível cenário e que mostre eventos e mudanças que levem à tal situação.

A técnica de cenários se aplica a todos os campos de pesquisa, inclusive em pesquisa operacional, como é o caso dessa dissertação, pois sempre que se quiser ter uma visão de situações futuras e calcular probabilidade de ocorrência de mudanças e confirmação de tendências, pode-se conseguir isto através de cenários.

No Brasil, atualmente, já se encontram alguns estudos de planejamento e avaliação tecnológica onde foi empregada a técnica de cenários e onde a geração de cenários consistiu numa fase intermediária dentro de um processo mais amplo que culminou com o estabelecimento de estratégias e recomendações.

Dentre os estudos de casos que se tem conhecimento existem os voltados para o comportamento da economia brasileira como um todo ou, às vezes, procurando retratar um determinado setor da economia. Outros direcionados para um mercado de atuação de uma empresa específica, como a Petrobrás, Eletrobrás, e outras empresas do setor privado e, ainda, outros estudos empregados por órgãos governamentais no estabelecimento de políticas setoriais.

Na área de transportes, uma experiência importante foi realizada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 1987), que desenvolveu cenários para o setor de transporte de cargas no Brasil, retratando possíveis composições para a matriz de repartição modal no ano 2000, à luz do mercado concorrencial existente e do inter-relacionamento das empresas operadoras com políticas governamentais.

Desta forma, têm surgido iniciativas de uso do planejamento não tradicional em resposta às situações em que a aplicação única do planejamento tradicional não se mostra adequada à explicação da realidade em questão. No entanto, a técnica de utilização de cenários pode sofrer influência de um número muito grande de cenários, por isso, diante de tantas incertezas, torna-se necessário estabelecer um conjunto bem definido de cenários, para que se tenha um estudo de planejamento viável, dadas as restrições de execução do trabalho. Porém, como várias situações podem acontecer, deve-se trabalhar paralelamente com o maior número de cenários possível.

Assim, dado um cenário, para um determinado conjunto de variáveis relevantes, as mesmas irão se comportar de maneira diferenciada, frente aos condicionantes desse cenário e, em cima dessa situação, admite-se a hipótese de continuidade da mesma por um horizonte de análise, procedendo, dessa maneira,

análises mais específicas dos fluxos que irão se apresentar nas redes de transporte desse cenário. Tem-se, nesse caso, a oportunidade de incorporação de vários critérios na análise, de ordem qualitativa e quantitativa.

Dentre os objetivos dessa dissertação, tem-se que tais cenários devem estabelecer as situações futuras específicas das condições de organização espacial, do desenvolvimento regional e dos transportes, e no que se refere ao setor de transportes, mais especificamente, tais cenários devem possibilitar uma análise posterior das condições das redes de transporte em função da demanda e oferta, que poderão ser as mais diversas, produzindo configurações de redes de transportes com carregamentos específicos.

#### 2.3.2.2 A Caracterização dos Diversos Cenários

A quantidade de cenários pode se tornar imensa, diante de tantas incertezas, de modo que, torna-se necessário estabelecer um conjunto bem definido de cenários, para que se tenha um estudo de planejamento viável, dadas as restrições de execução do trabalho.

Logo, os tipos de cenários a serem estabelecidos devem ser os mais contrastantes, de modo a refletir situações bem diferentes de futuro, o que prepara o tomador de decisão para a análise dessas sob condições bem adversas.

Assim, tais condições estão associadas às estratégias de desenvolvimento diferenciadas, sendo considerados três tipos de alternativas para a construção dos cenários:

a) O primeiro cenário proposto continua o desenvolvimento atual sem substantivas alterações na capacidade de produção regional, que conduzam à dinamização do crescimento, constituindo-se num modelo econômico marcado por uma polarização dos grandes centros e à existência isolada de alguns grandes projetos associados ao modelo tipo “primário-exportador”. Na verdade, não existe na prática uma estratégia de desenvolvimento definida, sendo este cenário considerado

como de “extrapolação de tendências” no que se refere à produção das principais culturas do agronegócio e os possíveis escoamentos por Santos e Paranaguá;

b) A estratégia de desenvolvimento é direcionada para um modelo do tipo “primário-exportador” e de redução das “desigualdades regionais”, visando à maior integração da região com o resto do país e do mundo, sendo a organização dos pólos produtores definida por um modelo de desenvolvimento polarizado, com centralização administrativa. Essa proposta está voltada para um desenvolvimento da região voltado para fora, buscando-se a “inserção regional na economia mundial”; e

c) A estratégia de desenvolvimento é direcionada para um modelo de eliminação das “desigualdades regionais”, visando ao aumento de produção regional, no qual o crescimento econômico é limitado pelo forte sentimento de preservação dos recursos naturais, evitando-se a degradação ambiental, na qual o desenvolvimento da rede de transportes está voltado para um modelo de desenvolvimento polarizado, com descentralização administrativa. Essa proposta consiste no desenvolvimento com aumento de produção e com “sustentabilidade do meio ambiente”.

Tais alternativas conduzem a cenários de organização espacial e de desenvolvimento regional e de transportes que apresentam particularidades diferenciadas em relação aos seus aspectos políticos, sociais, ambientais e econômicos dentro e fora da região. A articulação desses aspectos apresenta diferentes oportunidades e permite variar as possibilidades de desenvolvimento.

#### 2.3.2.3 Caracterização das Redes Alternativas de Transporte

Os cenários são criados a partir das diferentes combinações de comportamentos prováveis desses fatores, produzindo configurações diferenciadas das redes de transportes. Tem-se para cada cenário alternativo formulações teóricas das configurações das redes de transportes, dadas pelas seguintes características básicas:

No cenário 1, *de extrapolação de tendências*, a abrangência da rede de transporte é tímida, havendo uma concentração muito grande de atividades nos pólos e apresentando uma rede de transporte bastante deficitária com problemas de ligações. As poucas ampliações da rede são voltadas basicamente para a exploração de produtos primários do agronegócio, no sentido do abastecimento interno ou para um projeto específico de exportação com demanda externa de grande escala, pelos portos de Santos e Paranaguá.

No cenário 2, *de inserção regional na economia mundial*, a abrangência é muito grande, e cada vez mais voltada para uma ampliação que traga retorno econômico através do conhecimento e aproveitamento das potencialidades da região, com o objetivo de aplicação aos interesses do mercado externo, tendo-se a predominância de uma configuração espacial da rede bem alongada no sentido norte-sul e/ou leste-oeste, dependendo da localização do mercado consumidor.

Há uma consolidação forte dos eixos de transporte, em termos de fluxos para o mercado externo, mantendo uma concentração de atividades nos pólos regionais, que agem como um comando centralizado de todo o território, utilizando novas alternativas de escoamento da produção pelos portos de Itacoatiara, Rio Grande, Santarém e Itaqui como forma de redução de custos.

No cenário 3, *de desenvolvimento*, a abrangência da rede de transporte é moderada, pois a preocupação em relação ao cenário 2 é diferenciada. Nesse cenário a preocupação maior está nos aumentos consideráveis de fretes em períodos de entressafra, na capacidade portuária disponível para o escoamento dos grãos para o mercado externo e, nas condições infra-estruturais de transportes como forma de minimização de custos, fomentando a criação de novos pólos regionais, no sentido de melhorar a oferta de matéria-prima produzida para o agronegócio e de redução dos custos de produção.

Assim, a configuração espacial da rede de transporte é caracterizada pela presença de muitas interconexões, pelo aumento do número de atividades econômicas voltadas para o atendimento do mercado interno e externo, o que

proporciona uma consolidação maior dos eixos de transportes que atendem essas necessidades.

Sob o ponto de vista da oferta de transportes, estas configurações de redes de transportes permitem a identificação de deficiências de conectividade entre os pólos produtores e destes com o ambiente externo. Logo, dada a possibilidade de ocorrência de cada cenário, existe um conjunto de intervenções nas redes de transportes que podem ser realizadas para alcançar certos objetivos.

No que tange à demanda de transportes, o grau de conexão entre os pólos produtores e destes com o ambiente externo pode ser identificado pelo princípio das regiões polarizadas. Admitindo ser este o caso da região em estudo, tem-se condições, através da análise dos fluxos regionais e interregionais, de se identificar laços de interdependência e hierarquia entre os pólos produtores à partir de uma análise e configuração das redes de transportes e caracterização dos fluxos.

#### a) Análise Logística de Redes de Transporte

As bases analíticas das redes de transportes estão associadas intimamente ao processo de conquista e ocupação do espaço geográfico pelos homens. Assim, de acordo com Santos (1994), *apud* Tobias e Waisman (2001), os homens se apóiam nos recursos disponíveis na natureza com objetivo de construir um ambiente mais adequado às suas necessidades, criando, portanto, outros tipos de espaços (econômico, social, político etc.) para neles produzirem e se reproduzirem.

Diante disto, as redes de transporte, compostas por elementos naturais (os canais navegáveis) e de elementos artificiais (as ferrovias), vêm se constituir como estrutura de circulação de bens e pessoas no exercício de suas atividades, proporcionando conectividade entre os aglomerados urbanos e rurais.

Tobias e Waisman (2001), analisando a organização espacial humana ressaltaram contribuições importantes no entendimento da questão. Iniciaram por Lamotte (1985) dizendo que o espaço humano se constrói sobre duas bases: o



centro e a distância. O que, simplificada, demonstra a importância da rede de transporte no processo de construção de um espaço. Daí ser importante, *a priori*, determinar as características da organização espacial das redes de transporte, como forma de entender os tipos de ligações que elas proporcionam no espaço regional. E, de forma complementar, como elas se desenvolvem acompanhando o processo histórico e econômico da região, ou seja, as funções que desempenham nesse processo.

Dessa forma, fica mais simples efetuar a análise quantitativa dessas redes e de interferir no seu processo de desenvolvimento, em busca dos resultados esperados do planejamento, à medida em que, o transporte no sistema capitalista ou é planejado para a acumulação de capital ou surge dela (MARTINS, 1995). Então, o entendimento da organização espacial e do desenvolvimento das redes de transporte em suas origens pode ser simplesmente obtido a partir de um estudo comparativo do processo de ocupação, colonização e organização econômica do espaço regional.

Com relação à organização espacial das redes de transporte, pode-se dizer que quando a região está começando a se desenvolver, estas interações são esporádicas e incertas quanto aos padrões, mas, com o passar do tempo, as aglomerações humanas começam a se contactar mais freqüentemente em períodos mais curtos, através da implantação das redes de transportes que proporcionam acessibilidade necessária aos lugares. Os núcleos bem localizados nas redes de transporte, em termos de possibilidade de conexão de rotas, são privilegiados para a atração de fluxos e exercem uma polarização geográfica sobre os menos favorecidos geograficamente nas redes de transporte (TOBIAS e WAISMAN, 2001).

No processo de interação espacial, as redes de transporte possuem, no início, um número de nós ou conexões menores e fluxo de tráfego correspondente; com o passar do tempo elas se desenvolvem acompanhando a evolução e o aparecimento de aglomerações com o fluxo de tráfego se intensificando também. O que se verifica em relação às rotas que podem se estabelecer na rede de transporte,

em um quadro de organização espacial, é que existe o que Labasse (1973) define por rotas de penetração e rotas de serviço.

Essas definições de rotas das redes de transportes levam a uma definição de rede, como sendo um conjunto de linhas de natureza variada unindo pontos de aglomeração populacional entre si, e que convergem em torno dos mais importantes e favorecidos. Abler, Adams e Gould (1972) *apud* Tobias (1999) afirmaram que a complexidade das formas das redes de transportes que podem se estabelecer para expressar os movimentos existentes em uma região pode ser bastante grande. As origens e os destinos podem estar localizados ao longo de pontos, linhas, áreas e volumes, e isto implica na existência de variadas formas de movimentos nas redes de transportes.

Assim, pode-se dizer que as redes são estruturas projetadas para juntar vários conjuntos de pontos no espaço. Elas produzem sistemas geográficos regionais de transporte de pessoas, mercadorias e informações, que, quando estão bem estruturados, geram um fluxo desses - de uma origem até um destino - com menor tempo e com custo mais baixo, tornado-se um fator importante no que tange à competitividade econômica do local, contribuindo indiretamente para o desenvolvimento logístico do setor.

No entanto, as situações diferenciadas dos cenários regionais alternativos produzem formas específicas de organização e de desenvolvimento das redes de transportes, como já dito anteriormente. Assim, são feitas as propostas de análise dos fluxos de transportes sob as condições de cada cenário, através de uma metodologia geral de análise quantitativa mais específica destes fluxos.

Dessa forma, a análise das redes de transportes parte:

i) da análise retrospectiva da região, onde são identificadas as variáveis relevantes quantitativas e seus inter-relacionamentos e padrões de variações ao longo do tempo e, conseqüentemente, o cenário atual de desenvolvimento da região, seus condicionantes e potencialidades;

ii) dos cenários alternativos regionais de organização espacial, de desenvolvimento regional e de transportes;

iii) das projeções das variáveis relevantes quantitativas, com base nos efeitos de condicionamento em cada cenário, que irão determinar os fluxos nas redes futuras de transportes.

Tendo-se como resultados esperados:

i) o conhecimento da configuração espacial de cada rede de transporte sobre a qual se alocará a demanda projetada de cada cenário; e

ii) a caracterização dos fluxos origem e destino de cada carga transportada pelas alternativas escolhidas nas redes de transporte de cada cenário.

#### b) Configurações das Redes e Caracterização dos Fluxos

As configurações das redes de transportes são as do cenário atual e a de cada cenário de desenvolvimento da rede de transporte. Portanto, resta a caracterização dos fluxos que consiste basicamente, conforme Tobias (2003), em:

- Investigar a natureza e a intensidade dos fluxos existentes entre as unidades regionais, e delas com o exterior;
- Determinar as origens e os destinos desses fluxos;
- Alocar esse fluxos às redes de transportes atuais e previstas.

Tais fluxos estão relacionados com as variáveis relevantes quantitativas, principalmente as seguintes:

1. extensão da rede de transporte atual
2. acessibilidade (custos)

3. empregos (comércio, indústria e serviços)
4. produção econômica (pecuária, agricultura e extrativismo)
5. infra-estrutura produtiva (comércio, indústria e serviços)
6. infra-estrutura social (escolas, unidades de saúde, habitação, saneamento básico)
7. demografia (população)

O modelo analítico de transporte parte dessas informações para a sua formulação de análise dos fluxos de cada um dos cenários.

## 2.4 MODELOS E FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE ANÁLISE DE FLUXOS

Muitas são as ferramentas utilizadas para análise de sistemas, como os modelos de roteirização de transporte aplicados através de *softwares*: o *PC\* Miller*, o *Compumac* e o *Logware*, para encontrar as rotas mais desejadas através de uma rede origem e destino e, os modelos de programação linear, aplicados ou não, com a utilização de *softwares* específicos como *Lindo*, *Solver*, dentre outros, para resolução dos principais modelos como o modelo de análise das atividades, o modelo da dieta, o modelo dos transportes e o da designação.

### 2.4.1 Histórico, Conceitos e Revisão de Literatura de Programação Linear

Do ponto de vista histórico, é importante ressaltar que o assunto foi inicialmente analisado em 1936 por Wassily Leontieff *apud* Prado (2004), que criou um modelo construído por um conjunto de equações lineares, considerado como o primeiro passo para o estabelecimento das técnicas de Programação Linear. O matemático russo L.V.Kantorovick, em 1939 *apud* Prado (2004), publicou um trabalho sobre planejamento da produção, o qual apresentava, dentre diversas abordagens, o uso de equações lineares. Esse trabalho só veio ficar conhecido no Ocidente em 1960. Por fim, é importante destacar também que, em 1940, Frank L. Hitchcock *apud* Prado (2004) apresentou uma abordagem ao problema de transporte.

Durante a Segunda Guerra Mundial surgiu um problema, nos EUA, que desafiou os estudiosos de ciências exatas. Esse problema ficou conhecido como o “Problema da Dieta” e se resumia em descobrir qual a alimentação mais econômica, levando-se em conta que o organismo humano necessita de uma quantidade mínima diária de certos nutrientes (tais como proteínas, vitaminas etc), que devem ser obtidos de alimentos que possuem preços diferentes e composição de nutrientes diferentes. Tal desafio foi publicado no jornal *The New York Times* e ganhou repercussão nacional. A melhor solução ao problema foi apresentada por George Stigler, em 1945, *apud* Prado (2004), na qual, partindo de 77 alimentos e levando em consideração a composição de 9 nutrientes em cada um, chegou à conclusão de que a dieta ideal implicaria um custo anual de US\$ 59.88 e seria composta de farinha de trigo, repolho e fígado de porco. A solução apresentada era inusitada, pois Stigler não levou em consideração nenhum aspecto de diversidade ou gosto, apenas considerou aspectos econômicos.

Assim, o concurso foi alvo de críticas, mas em pouco tempo se constatou que aquela técnica poderia ser utilizada sem rejeição em áreas semelhantes, tais como alimentação de animais ou carga de um alto-forno de uma siderurgia. Imediatamente se iniciaram tais estudos, mas a técnica utilizada por Stigler (tentativas) se mostrou sujeita a erros, extremamente tediosa e cansativa, além de nem sempre encontrar a solução ótima. Essa abordagem de planejamento somente se consolidou com George Dantzig (1947) *apud* Prado (2004), que desenvolveu o método simplex, capaz de resolver qualquer problema de PL, pois o algoritmo simplex implica uma quantidade muito grande de cálculos.

A partir de uma revisão de literatura entre os principais teóricos de programação linear, pode-se dizer que, segundo Boulding e Spivey (1963), a programação matemática foi amplamente reconhecida como um importante desenvolvimento da matemática aplicada no período do pós-guerra. Inicialmente motivada pela necessidade de outros métodos efetivos na resolução de problemas militares e empresariais, esse método de análise encontrou um crescente campo de aplicação.

O objetivo dos autores foi deixar claro alguns aspectos da relação entre programação matemática e a análise marginal convencional na Teoria da Firma. Pretendeu-se no trabalho, fornecer uma exposição de análise de programação matemática da firma sem o uso de avançadas técnicas matemáticas.

Boulding e Spivey (1963) afirmam que a teoria e as técnicas da programação matemática como uma prática ferramenta para tomada de decisões em negócios são especialmente significantes para a Teoria da Firma. Primeiramente, a programação matemática fornece uma nova ferramenta para análise que traz à tona certos problemas econômicos que tendem a ser negligenciados na análise convencional. Segundo, a experiência e o conhecimento adquiridos da aplicação da programação matemática no gerenciamento de problemas podem servir como um teste empírico para tradicionais suposições referente ao comportamento dos negócios.

Assim, conforme Boulding e Spivey (1963), a teoria econômica da firma passou a ser essencialmente uma formulação dos princípios básicos que regem o comportamento racional dos negócios. Tradicionalmente, o problema central da economia da firma é a análise de decisão sobre preços e produtos (*outputs*) sob suposições para maximização de lucro. Esses autores detalharam como os conceitos básicos de programação matemática podem ser incorporados na análise da firma e o modo no qual a padronização de problemas econômicos da firma pode ser reafirmada na forma da programação matemática. Para este objetivo, foram construídos alguns modelos de programação matemática da firma.

Nesse contexto, Gilson (1963) afirma que nada, desde a publicação da Teoria Geral de Keynes em 1936, gerou tantos debates, seminários e artigos em jornais como a emergência da programação linear. Durante a década passada, a programação linear foi aplicada a vários problemas tanto na indústria quanto agricultura. A ampla aplicação da programação linear deu ao economista o respeito perante o mundo dos negócios nunca antes alcançado.

Antes do advento de programação linear, uma pequena, mas inconfundível reação fora desenvolvida contra a falta de utilidade prática de teoria marginal clássica aplicada às operações da firma. Não se pode negar a preocupação de muitos economistas que tentaram aplicar a clássica teoria da firma às condições do mundo real.

Durante os anos 1920, a época em que a teoria neo-clássica teve seu melhor impacto na profissão econômica agrícola na América do Norte, muitos economistas e administradores ficaram alarmados com a falta de técnicas efetivas para executar um significativo planejamento agrícola. Este alarme permitiu a busca por uma nova técnica de planejamento: a programação linear como aplicação para ajustar problemas no campo (agrícola).

A reação contra a falta de eficiência da teoria marginal clássica como base para a prática da tomada de decisão na firma estava se desenvolvendo no mundo dos negócios como um todo. Vários estudos indicavam que as decisões tomadas por executivos eram baseadas em considerações um tanto quanto diferentes dos conceitos da análise clássica. Sérias dúvidas foram desenvolvidas como a validade empírica sobre a clássica curva de custo em forma de U. Em geral, a teoria clássica foi recebendo menos entusiasmo por parte dos executivos na medida em que a solução prática para seus problemas econômicos e negócios era diminuía.

O crescente ceticismo a respeito da utilidade prática da teoria clássica junto com a crescente receptividade da programação linear durante a década passada, mostram que muitos expoentes entusiastas da programação linear passaram a advogar contra a análise marginal clássica. Outros viam a PL como nada mais que um caso especial de análise clássica e outros ainda não tinham aparentemente reconhecido as possibilidades de programação linear como uma ferramenta para tomada de decisões na empresa.

Gilson (1963) publicou um *paper* com o objetivo de explorar a relação da programação linear com a teoria clássica da firma. O problema econômico central enfrentado pela firma, conforme Stigler *apud* Gilson(1963) sugeriu, traduziu-se na

expressão: “a alocação de recursos escassos termina quando o objetivo da atribuição é aumentar ao máximo ou reduzir o logro dos fins”. A fórmula conceitual dos processos econômicos envolvidos na eficiente alocação de recursos dentro do negócio da firma dirigiu para uma altamente refinada teoria da firma.

O conceitual aparato desenvolvido em volta da teoria clássica levou-a para uma bastante sofisticada análise matemática. A curva de custo em forma de U e condições específicas de equilíbrio marginal tiveram seus conceitos bem estabelecidos dentro de uma firma de negócios. Isso levou economistas a concluir sobre a grande importância dessa teoria para muitos problemas econômicos e sociais. Além disto, a teoria clássica ofereceu um rigoroso aparato para o ensino de economia. Em muitas instâncias os refinamentos lógicos dessa teoria alienaram os economistas de problemas e condições do mundo real.

Um ano antes, em 1962, Hadley desenvolveu um trabalho para os que desejavam estudar certos departamentos ou detalhes de programação linear, tentando fornecer um claro, rigoroso e completo desenvolvimento dos aspectos teóricos e computacionais da programação linear, bem como discussões sobre aplicações práticas.

O autor enfatizou a utilização do algoritmo *primal-dual* para resolução de problemas de transporte introduzindo algumas consideráveis simplificações. Para Hadley (1962) a mais importante simplificação é que cada restrição primária torna-se um problema para encontrar o fluxo máximo em uma rede e doravante o procedimento para encontrar o fluxo máximo pode ser usado em vez de utilizar o método simplex.

Quando o algoritmo *primal-dual* é aplicado para problemas de transporte, é desnecessário anexar a restrição adicional que torna fácil obter a solução para o dual. Pode-se encontrar imediatamente uma solução para o dual de um problema de transporte sem utilizar este artifício



A programação linear preocupa-se em resolver um tipo muito especial de problema: aquele no qual todas as relações entre as variáveis são linear tanto nas restrições quanto na função a ser otimizada. Em geral, programação linear pode ser descrita como segue: dado um conjunto  $m$  de desigualdades lineares ou equações em variáveis  $r$ , nós desejamos encontrar valores não negativos dessas variáveis que irão satisfazer as restrições e maximizar ou minimizar alguma função linear das variáveis.

Matematicamente, esse enunciado significa: nós temos  $m$  desigualdades ou equações em  $r$  variáveis ( $m$  pode ser maior que, menor que, ou igual a  $r$ ) na forma:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ir}x_r \{ \geq, =, \leq \} b_i, \quad i=1, \dots, m \quad (1-7)$$

Onde para cada restrição apenas um dos sinais  $\geq, =, \leq$  deve ser utilizado, mas o sinal pode variar de uma restrição para outra. Nós procuramos valores da variável  $x_j$  satisfazendo (1-7) e

$$x_j \geq 0, \quad j=1, \dots, r \quad (1-8)$$

A qual maximiza ou minimiza a função linear

$$z = c_1x_1 + \dots + c_r x_r. \quad (1-9)$$

$a_{ij}, b_i, c_j$  são definidos como constantes.

Em termos matemáticos, a programação linear pode ser representada em termos gerais por (1-7) até (1-9). Um problema de programação é linear se, nas restrições e na função a ser otimizada, as variáveis aparecem apenas como formas lineares. Uma forma linear envolvendo  $n$  variáveis  $x_j$  é uma expressão do tipo  $a_1x_1 + \dots + a_nx_n + b$ , onde  $a_j$  e  $b$  são constantes. Intuitivamente, linearidade implica que os produtos das variáveis, como  $x_1x_2$ , potência de variáveis como  $x_3^2$  e combinações de variáveis como  $a_1x_1 + a_2 \log x_2$ , não podem ser permitidas.

Em termos mais gerais, linearidade pode ser caracterizada por certas propriedades aditivas e multiplicativas. No contexto do exemplo acima adição significa: se usarmos  $t_1$  horas na máquina A para produzir o produto 1, e  $t_2$  horas para o produto 2, o tempo na máquina A para os produtos 1 e 2 é  $t_1+t_2$ . Nesse caso, a propriedade de adição parece racional se o tempo requerido para converter do produto 1 para o 2 é insignificante.

A propriedade multiplicativa requer: (1) Se levar uma hora para produzir um único item em uma dada máquina, leva dez horas para produzir dez partes, isto também parece de certa forma racional. (2) O lucro total das vendas de um dado número de unidades de um produto é o lucro unitário do número de unidades vendidas - isto nem sempre é verdade. Geralmente, o lucro não é diretamente proporcional ao número de unidades vendidas ainda que o preço de venda seja constante, desde que os custos de manufatura por unidade podem variar com o número de unidades produzidas. Assim, a linearidade subentendida em um problema de programação linear nem sempre é uma representação absoluta do mundo real. Felizmente, a linearidade assumida é frequentemente próxima o bastante das condições reais, portanto pode indicar respostas que podem ser muito úteis.

Uma outra restrição importante inerente a um problema de programação linear: as variáveis  $x_j$  podem utilizar qualquer valor permitido pelas restrições (1-7) e (1-8); em outras palavras, não se pode, por exemplo, requerer que as variáveis assumam apenas valores integrais. Se a restrição adicional impõe que as variáveis devem ser números inteiros, então, em geral, nós não temos mais um problema de programação linear. Situações atuais frequentemente requerem que as variáveis sejam números inteiros, tais problemas são frequentemente resolvidos por programação linear, e as respostas são arredondadas para o número inteiro mais próximo que satisfaça as restrições. Em geral, a aproximação é boa se a solução requer que um largo número de unidades de cada variável seja usado.

A função a ser otimizada, (1-9) é chamada de *função objetivo*. Note que nenhum termo constante aparece na função objetivo. Não se escreve  $z=$

$\sum_j^r = 1c_jx_j + c$ . A razão para isso é simples. Os valores de  $x_j$  que otimizam  $z$  são completamente independentes de qualquer constante aditiva  $c$ . Doravante, se há tal constante, pode ser ignorada durante o processo de determinar o melhor  $x_j$ , e adicionar ao  $z$  depois que o problema for resolvido.

Qualquer jogo de  $x_j$  que satisfaz as restrições (1-7) será chamado de solução para o problema de programação linear. Qualquer solução que satisfaça as restrições não-negativas é chamada de solução praticável. Qualquer solução praticável que otimiza a função objetivo é chamada de solução praticável ideal. A tarefa de resolver um problema de programação linear consiste em encontrar uma solução praticável ideal. Normalmente existirá um número infinito de soluções praticáveis para um problema de programação linear. Fora de todas estas soluções, deve-se encontrar uma que otimiza a função objetivo.

Os autores Egbert e Heady (1963) analisaram o equilíbrio espacial, que acreditavam ser mais realista em esclarecer a interdependência regional dentro da agricultura, sendo dessa forma mais específicas com respeito às condições e às mudanças regionais no prospecto.

Assim, fizeram um relatório que trata de uma análise econômica de ajustes na produção regional que podem maximizar a eficiência na produção dos principais campos de colheita-trigo, milho, aveia, cevada, soja e algodão-consistente com as suposições específicas da solução de programação usada. Tais análises foram feitas para um passado recente, 1954 e um ano futuro, 1965. Os objetivos gerais da análise foram medir o tamanho do desequilíbrio da produção-consumo ou da abertura do ajuste sob a eficiência regional da produção e outras condições de 1954, além de estimar a perspectiva de equilíbrio entre suprimento e demanda nas colheitas consideradas sob a tecnologia projetada para 1965 e condições que permitem o aumento da eficiência de produção regional.

Para atender aos objetivos desta análise, Egbert e Heady (1963) destacaram 122 dos principais campos de colheita de regiões produtoras delineados nos EUA. Na terminologia econométrica, programação linear foi usada para especificar quais

dessas regiões podem prover as necessidades de trigo, algodão e grãos de soja mais eficientemente. O critério de eficiência usado foi conhecer requisitos nacionais para o menor custo total. O custo unitário de produção também foi estimado para cada possibilidade de colheita dentro de cada região. Esses custos foram estimados para refletir condições de 1954 e 1965.

A análise descrita no relatório tratou com sete dos principais campos de colheita: milho, trigo, aveia, cevada, *grain sorghum*, algodão e soja. Embora cada um desses grãos esteja sob alguma forma de gerenciamento de pedidos desde 1954, os suprimentos de trigo continuamente excedem a demanda. Assim, questionavam em que estrutura estaria o problema do ajuste ou do excesso de produção da agricultura a ser analisada?

O objetivo geral desse estudo foi definir um teste padrão economicamente eficiente da produção regional dos principais campos de colheita que podem trazer a produção para um balanço com o consumo e prevenir a contínua formação de estoques. A eficiência da produção regional foi definida na análise como uma distribuição espacial de produção que pode prover apenas as necessidades anuais, tanto doméstica quanto externa, em um custo total mínimo.

Conforme Vandermeulen (1971), problemas de programação linear são resolvidos por meio de adaptações de métodos usados para resolver equações lineares. Felizmente, existem simples, porém poderosos métodos algébricos que são aplicáveis para qualquer sistema de equações capazes de encontrar soluções, se essas existirem.

Para os autores Beneke e Winterboer (1973), a programação linear é um método usualmente utilizado em decisões que requerem uma escolha dentre um vasto número de alternativa. Os conceitos teóricos que embasam o método já são conhecidos há muitos anos. Entretanto, foi durante a Segunda Guerra mundial e imediatamente depois que sua aplicação para planejar problemas que foi primeiramente enfatizada. A partir disto, essa e outras técnicas similares foram crescentemente aplicadas para gerenciar decisões na indústria. Qual mix de

ingredientes minimizará o custo de produção de alimentos, gasolina ou fertilizante? Como a produção pode ser programada para alcançar o ótimo resultado do equipamento e da planta? Essas são algumas questões que as técnicas de programação podem ajudar a responder.

O método, que cresceu da matemática aplicada, segundo os autores, é constantemente refinado e, portanto, pode ser aplicado com ótima precisão para um largo alcance de problemas. Como muitas inovações, sua utilização poderia ser limitada sem o desenvolvimento de uma tecnologia paralela, o computador. Um grande volume de computações é requerido para planejar realisticamente com esse método.

Os primeiros esforços para aplicar a programação para problemas agrícolas eram crus e produziram poucos resultados aplicáveis. Melhoras subseqüentes no método e no desenvolvimento de computadores e efetivas rotinas de informática para guiá-los fizeram da programação linear uma usual ferramenta para analisar a ótima organização do agronegócio.

Segundo Beneke e Winterboer (1973) o típico agronegócio possui em mãos, ou disponível, um suprimento de trabalho, bens de capital e terra que podem ser alocados para a produção de inúmeras colheitas. Cada *input* pode ser alocado entre as possibilidades de produção em milhares de modos. O número de possíveis alternativas no planejamento do agronegócio se estende para milhões devido aos diversos recursos usados e no amplo alcance de alternativas de produção que são praticáveis em uma fazenda típica.

Assim, a principal vantagem da programação linear, como método de planejamento, não é levar a um planejamento infalível, mas, prover um modo de analisar uma variedade de alternativas para decisão.

Em seu livro os autores abordaram a história e os procedimentos da programação linear, construção de modelos de programação, preparação de dados e processamento, formação de preços e coeficientes de produção, métodos para

medir a sensibilidade do planejamento, simulação de modelos de programação, aplicações de programação para problemas de minimização, além de exemplos de aplicações de maximização.

#### **2.4.2 Modelos e Aplicabilidade da Programação Linear**

Puccini (1977) afirma que os problemas de programação linear referem-se à distribuição eficiente de recursos limitados entre as atividades competitivas, com a finalidade de atender a um determinado objetivo, por exemplo, maximização de lucros ou minimização de custos. Em se tratando de programação linear, esse objetivo será expresso por uma função linear, à qual se dá o nome de função objetiva.

Para Puccini (1977) é necessário dizer quais as atividades que consomem cada recurso, e em que proporção é feito esse consumo. Essas informações serão fornecidas por equações ou inequações lineares, uma para cada recurso. Ao conjunto dessas equações ou inequações lineares dá-se o nome de restrições do modelo.

Geralmente existem inúmeras maneiras de distribuir os escassos recursos entre as diversas atividades, bastando para isso que essas distribuições sejam coerentes com as equações de consumo de cada recurso, ou seja, que elas satisfaçam as restrições do problema. Entretanto, deseja-se achar aquela distribuição que satisfaça as restrições do problema, e que alcance o objetivo desejado, isto é, que maximize o lucro ou minimize o custo. A essa solução dá-se o nome de solução ótima.

Uma vez obtido o modelo linear, constituído pela função objetiva (linear) e pelas restrições lineares, a programação linear se incumbem de achar a sua solução ótima.

A seguir, demonstram-se os quatro mais conhecidos modelos de programação linear conforme Puccini (1977):

1º) Problema da análise das atividades

Esse problema consiste em achar  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , que maximize a função linear (função objetiva):

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Sabendo-se que  $x_1, x_2, \dots, x_n$  devem satisfazer o seguinte sistema de inequações lineares (restrições):

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ \dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m \end{aligned}$$

E que,

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots; x_n \geq 0$$

Pode-se representar esse modelo de forma mais compacta, ou seja:

Maximizar  $Z = \sum_{j=1}^n c_jx_j$  sujeito às restrições

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

E

$$x_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Esse modelo pode ser associado a uma empresa que tem  $m$  recursos disponíveis para a realização de  $n$  atividades. Suponha-se que as atividades representem a fabricação de produtos.

Tem-se, então, para  $j= 1, 2, \dots, n$  e  $i=1, 2, \dots, m$

$b_i$  quantidade do recurso  $i$  disponível às  $n$  atividades ( $b_i \geq 0$ )

$x_j$ - nível de produção da atividade  $j$ . Os  $x_j$  ( $j=1,2,\dots,n$ ) são as incógnitas do problema.

$c_j$ - lucro unitário no produto  $j$

$a_{ij}$ - quantidade do recurso  $i$  consumida na produção de uma unidade do produto  $j$ .

Verifica-se, então, que a função objetiva a ser maximizada representa o lucro total da empresa nessas  $n$  atividades.

As  $m$  restrições informam que o total gasto do recurso  $i$  nas  $n$  atividades tem de ser menor ou máximo igual à quantidade  $b_i$  disponível daquele recurso.

As restrições  $x_j \geq 0$  ( $j=1,2,\dots,n$ ) eliminaram a possibilidade de níveis negativos para as diversas atividades.

A notação matricial desse modelo é obtida abaixo.

Sejam:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} \quad c = [c_1 c_2 \dots c_n]$$

Então, o modelo toma o seguinte aspecto:

Max.  $Z=cx$  sujeito a

$$Ax \leq b \quad e \\ x \geq 0$$

2º) Problema da Dieta

O problema consiste em achar  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , que minimize a função objetiva.



$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n,$$

Sabendo-se que  $x_1, x_2, \dots, x_n$  devem satisfazer às restrições:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq b_2$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m$$

e

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots; x_n \geq 0$$

Pode-se ainda representá-lo da seguinte maneira:

Minimizar  $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$  sujeito às restrições

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

e

$$x_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Esse modelo pode ser associado a uma pessoa que deseja minimizar o custo da sua dieta diária. As atividades representam os consumos dos alimentos que poderão entrar na dieta e os recursos são as vitaminas que não podem deixar de ser supridas pela dieta.

Tem-se, então, para  $j=1, 2, \dots, n$  e  $i=1, 2, \dots, m$ ,

$x_j$ - quantidade do alimento  $j$  na dieta. Os  $x_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) são as incógnitas do problema.

$C_j$ - custo unitário do alimento  $j$

$b_i$ - quantidade mínima da vitamina  $i$  que deve ser obtida dos  $n$  alimentos.

$a_{ij}$ - quantidade da vitamina  $i$  fornecida por uma unidade do alimento  $j$

Verifica-se, então, que a função objetiva a ser minimizada representa o custo total da dieta a ser realizada com os  $n$  alimentos.

As restrições indicam que o total de vitamina  $i$  obtida dos  $n$  alimentos tem de ser maior ou igual que a quantidade mínima ( $b_i$ ) daquela vitamina.

Em notação matricial esse modelo tomaria o seguinte aspecto:

Min  $Z=cx$  sujeito a

$$Ax \geq b$$

e

$$x \geq 0$$

Onde  $A, b, c$  e  $x$  já foram definidos anteriormente.

### 3º) Problema do Transporte

O modelo dos transportes tem por objetivo minimizar o custo total do transporte necessário para abastecer  $n$  centros consumidores (destinos), a partir de  $m$  centros fornecedores (origens). Pode ser assim esquematizado na Figura 5:

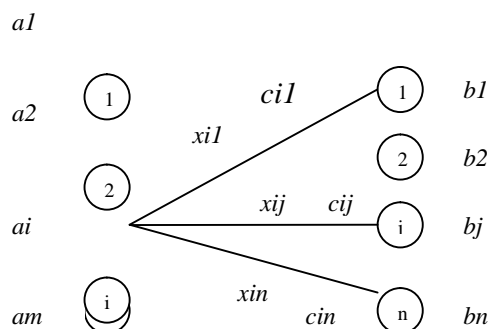


Figura 5 Esquemática do Problema de Transporte

Fonte: adaptado de PUCCINI, 1977.

Para  $i=1,2,\dots,m$  e  $j=1,2,\dots,n$ , tem-se

$c_{ij}$ - custo unitário de transporte da origem  $i$  para o destino  $j$

$a_i$ - quantidade disponível na origem  $i$ ;

$b_j$ - quantidade requerida no destino  $j$ ;  
 $x_{ij}$ - quantidade a ser transportada da origem  $i$  para o destino  $j$ . São as incógnitas do problema.

O problema consiste em achar os valores de  $x_{ij}$  ( $i= 1,2,\dots,m$  e  $j= 1,2,\dots,n$ ) que minimize o custo total do transporte (função objetiva):

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij},$$

Sabendo-se que os  $x_{ij}$  devem satisfazer às seguintes restrições de oferta e de demanda.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i= 1,2,\dots,m)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j=1,2,\dots,n)$$

e

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (j=1,2,\dots,n)$$

As  $m$  restrições de oferta, uma para cada origem, indicam que a quantidade que sai da origem  $i$  tem de ser igual à quantidade  $a_i$  disponível naquela origem.

As  $n$  restrições de demanda, uma para cada destino, indicam que a quantidade que chega a cada destino  $j$  tem de ser igual à quantidade  $b_j$  requerida por aquele destino.

#### 4º) Problema da Designação

O problema da designação é um caso particular do problema dos transportes, em que

$$\begin{aligned} m &= n \\ a_i &= 1 \text{ para } i=1,2,\dots,m \\ b_j &= 1 \text{ para } j=1,2,\dots,n \end{aligned}$$

O modelo toma, então, o seguinte aspecto:

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} \text{ sujeito a}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (2.7)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,n) (j=1,2,\dots,n) \quad (2.8)$$

Esse modelo tem o nome de problema da designação porque a sua solução ótima vai indicar qual a origem  $i$  que foi designada para abastecer o destino  $j$ . Devido às restrições (2.6) e (2.7), as restrições (2.8) são equivalentes a:

$$X_{ij} \begin{cases} = 1 & \text{se a origem } i \text{ for designada para o destino } j, \\ = 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A programação linear é uma técnica de otimização e, conforme Prado (2004), é uma ferramenta utilizada para encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações nas quais existam diversas opções de escolha sujeitas a algum tipo de restrição ou regulamentação. Pode-se dizer, então, que a programação linear passa a assumir papel importante no processo de tomada de decisão nas empresas. Dessa forma, essa técnica apresenta várias vantagens além dos aspectos relacionados à maximização dos lucros e a minimização dos custos, como a identificação das melhores opções em estudos de qualidade total, bem como, permite a identificação de “gargalos” em linhas de produção.

A utilização da técnica de programação linear parte de um modelo que significa a representação de um sistema. Por exemplo, as análises das características de uma futura residência pela simples construção de uma maquete em escala reduzida ou das propriedades de um átomo pela construção de um modelo em escala aumentada, presume-se fazerem parte do campo da modelagem.

Por outro lado, pode-se construir modelos *analógicos*, quando as propriedades dos sistema são representadas por outras equivalentes. Como é o

caso de se representar um sistema mecânico pelo correspondente sistema elétrico ou de se representar um sistema econômico por um sistema hidráulico. Um exemplo de utilização de modelo nesta área foi construído pela *London School of Economics apud Prado (2004)*, para simular o efeito de modificações no sistema econômico, tais como a desvalorização da moeda e o aumento ou diminuição da taxa de juros ou da taxa de impostos.

Assim, os modelos podem ser entendidos como simbólicos ou abstratos quando a semelhança com o sistema em estudo for conceitual ou simbólica. Podem ser, também, do tipo matemático, quando são analisados por um conjunto de equações matemáticas – como um modelo de programação linear – ou podem ser diagramáticos, quando as características do sistema em estudo forem representadas por um diagrama – como os modelos de simulação. Dessa forma, para um determinado problema, o modelador, em função do nível de abstração do mesmo e de experiência vivida, terá uma maior ou menor facilidade para a representação de objetivos, alternativas e restrições, por meio de equações ou inequações como pode ser visualizado no exemplo seguinte:

$$\text{Min ( ou Max) } \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (\text{ou } =, \text{ ou } \leq) a_i, \text{ para } i=1, \dots, m;$$

$$x_j \geq 0$$

Conforme RAGSDALE (2004), os problemas de trajeto ou caminho mínimo tratam de descobrir qual é o percurso entre os nós de origem e destino de forma que o tempo gasto entre a origem e o destino seja mínimo. Existe uma infinidade de problemas que se enquadram nesse tipo de modelo. Por exemplo, qual seria o caminho mais rápido entre a unidade do corpo de bombeiros e uma determinada rua onde uma casa está queimando. Cada nó da rede a ser analisada é então um cruzamento entre as ruas da malha viária da cidade. Assim, quando se fala em caminho mínimo não se está fazendo nenhuma referência a trajeto mais curto em distância, mas sim, trajeto mais curto em tempo.

Como exemplo, pode-se citar um centro de operações do corpo de bombeiros que trabalha baseado em ligações do cidadão, identificando pontos de fogo na cidade e fornecendo para o efetivo operacional um relatório em que devem constar as rotas que podem ser tomadas de forma que o trajeto entre a unidade do corpo de bombeiros e o foco de incêndio seja o mais rápido possível.

Medições do sistema de informações do corpo de bombeiros informam o tempo gasto em cada trecho de percurso a cada hora do dia e pontua com notas de 0 a 10 a qualidade do asfaltamento das ruas. Assim, se o centro de informações receber uma chamada de um cidadão informando que existe um foco de incêndio na Rua 11 e, a partir de um mapa computadorizado, a atendente do centro de operações poderia identificar o seguinte trajeto entre a origem (Rua 1) e o destino (Rua 11) como pode ser visto na Figura 6.

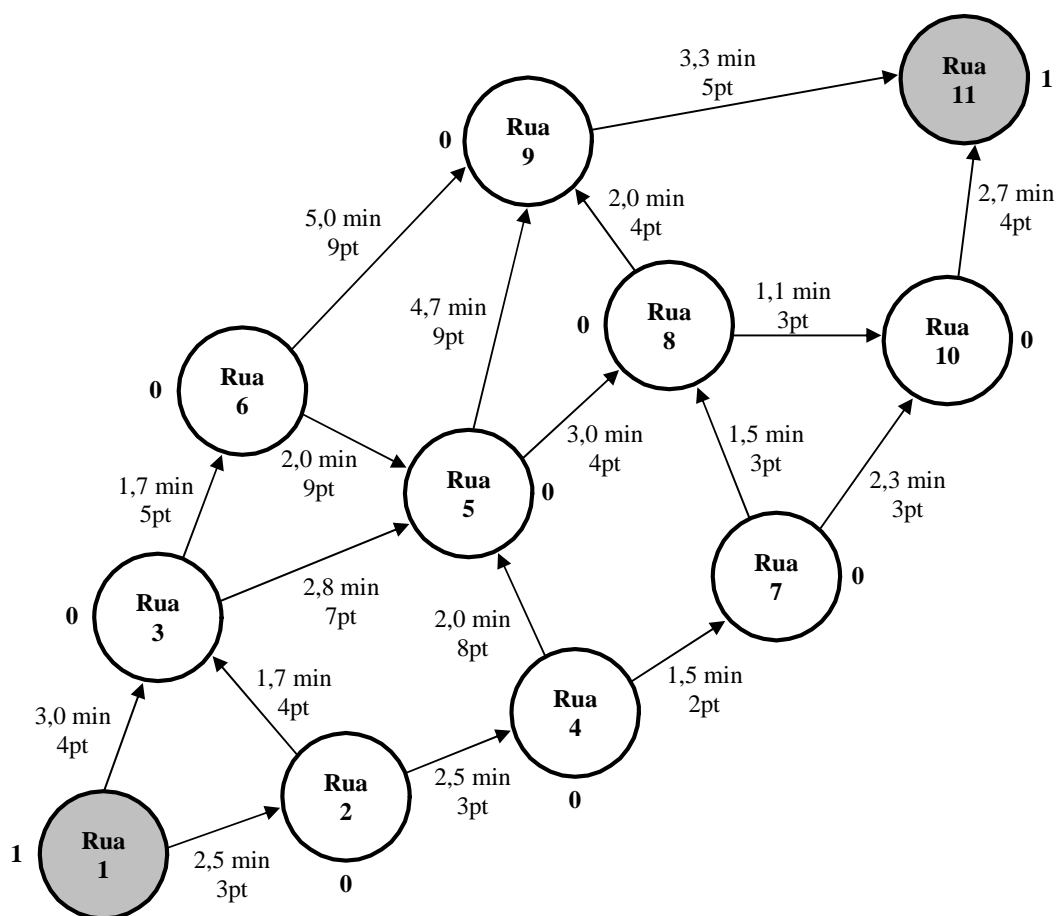


Figura 6 Diagrama de Fluxo na Rede

Fonte: adaptado de RAGSDALE (2004, p.418)

Portanto, a estratégia de utilização da PL para a resolução de problemas de otimização é transformar as características do problema em um modelo abstrato matemático constituído de uma função objetivo e de um conjunto de restrições como citado anteriormente. Assim, tanto a função objetivo como o conjunto de restrições fazem referência a variáveis do problema. Logo, para a criação do modelo matemático, é necessário cumprir algumas etapas:

a) Formulação do modelo matemático: definição das variáveis do problema e definição da função objetivo.

b) Definição do conjunto de restrições. Ver Figura 7.

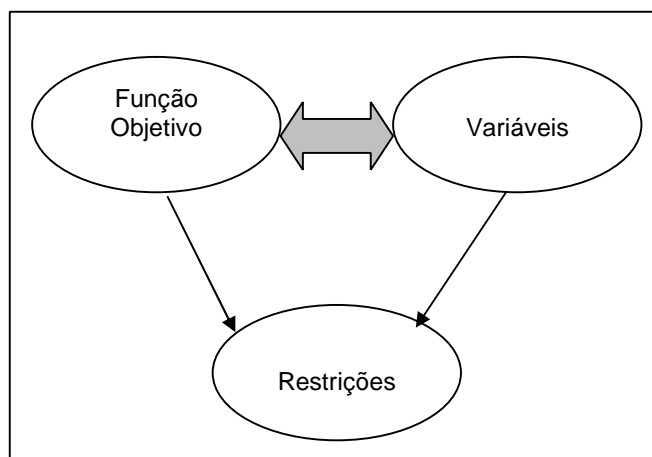


Figura 7 Formulação do Modelo Matemático

Fonte: adaptado de Prado (2004, p.41)

Como exemplo de aplicação, tem-se o trabalho de Arbage (1994) que, analisou o efeito da ampliação da infra-estrutura de transporte, sobre o custo total de distribuição de soja em grão no Estado do Rio Grande do Sul. Além das várias modalidades e rotas de transporte existentes no Estado, foi analisada a possibilidade de utilização alternativa do porto fluvial de Cachoeira do Sul, como entreposto ao escoamento da safra de soja em grão. Utilizou-se um modelo de redes capacitadas com auxílio do programa *Logware*, que determinou quais as mais econômicas modalidades e rotas de transportes.

Outra aplicabilidade foi realizada por Vandermeulen (1971), em seu livro, onde trabalhou com técnicas de programação linear aplicadas à firma através de

equações lineares, utilização do método simplex para resolver problemas e curva de demanda e oferta, além de tratar sobre modelos econômicos da firma, teoria do consumo, que diz que o consumidor escolherá a combinação de commodities que maximiza uma função de utilidade, e a relação mercado, indústria e a economia.

Na análise das rotas da dissertação em questão, pretende-se utilizar um *software*, o *Lindo* para a aplicação do modelo de programação linear. O modelo de programação linear escolhido foi o de custo mínimo: pretende-se mensurar a capacidade máxima de grãos que pode trafegar em uma rede de um ponto de origem até um ponto de destino ou de várias origens até vários destinos, diante do cenário em questão, a partir de uma possível produção local para um custo mínimo total de transporte. E, em seguida, identificar quais as alternativas de transportes mais viáveis para o escoamento da soja das principais cidades produtoras do Mato Grosso até os principais portos brasileiros, com base nessa minimização de custos de transportes.



### **3 CARACTERIZAÇÃO DO COMPLEXO DE SOJA**

#### **3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA CULTURA SOJÍFERA**

Originária da Ásia, a soja é uma oleaginosa que surgiu, mais especificamente, na China por volta do século XI a.C. e chegou ao Brasil em 1882 através do Estado da Bahia, sendo introduzida em São Paulo e no Rio Grande do Sul em 1908 e 1914, respectivamente, através dos navios dos primeiros imigrantes japoneses. A expansão da cultura da soja no Brasil aconteceu somente na década de 1970. Em função do crescimento da indústria de óleo e do aumento da demanda internacional, a soja passou a ser vista como o novo “grão mágico” e a receber cada vez mais incentivos oficiais.

Em 1975 foi criado o Centro Nacional de Pesquisa da Soja, uma unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), para atender às exigências de uma cultura altamente “tecnificada”. No início da década de 1980, através da criação de tecnologias específicas para as condições de solo e clima no Brasil e do desenvolvimento de novas variedades, a Embrapa Soja possibilitou a expansão do plantio, antes restrito aos Estados da região Sul, para as regiões de cerrado do centro-norte e centro-oeste do país.

As atividades de pesquisa foram completadas por campanhas de incentivo à introdução da soja nos hábitos alimentares da população brasileira. O Programa “Soja na Mesa”, lançado em 1995, previu a realização de cursos e treinamentos em técnicas de preparo de alimentos à base de soja para merendeiras, nutricionistas e outros, em todo o Brasil.

Após vinte e cinco anos de incentivos oficiais (1980-2004) em que o cultivo da soja foi amplamente difundido nos cerrados dos Estados de Mato-Grosso, Tocantins, Maranhão e Rondônia, o Brasil já se tornou o segundo maior produtor mundial do grão, atrás apenas dos Estados Unidos, que são também os maiores consumidores. A supremacia dos EUA, no entanto, diz respeito apenas ao tamanho da área cultivada, a medida em que a produtividade brasileira por hectare supera a

norte-americana. Enquanto nos EUA a produtividade média é de 43,21 sacas por hectare, a do Estado do Mato-Grosso atinge 45,15 (EMBRAPA, 2006).

Em Rondônia, a produção média alcança a marca recorde de 60 sacas por hectare. Com esse desempenho, é permitido supor que o Brasil possa se tornar o maior produtor mundial do grão, na medida em que os EUA não possuem novas áreas disponíveis para expansão de sua agricultura. O potencial de crescimento do mercado internacional de soja levou o governo federal a anunciar, em 2002, metas de exportação de 100 milhões de toneladas de grãos.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2000), “o complexo soja é o principal item do balanço comercial brasileiro, com exportação de US\$ 5,7 bilhões em 1997 e uma quantidade de exportação de grãos de aproximadamente 14 milhões de toneladas”. De acordo com a mesma fonte, a exportação da soja em grãos (sem incluir farelo e óleo) em 1999 atingiu aproximadamente 17 milhões de toneladas e, em 2004, atingiu 35 milhões de toneladas com um valor de faturamento quase duplicado, sete anos depois, de US\$ 10,07 bilhões em 2004.

O centro-oeste brasileiro, mais especificamente o Estado do Mato-Grosso, é a região com maior representatividade brasileira quando o assunto em pauta é o agronegócio das oleaginosas, principalmente a soja, o milho e o arroz. No entanto, a expansão da cultura de soja no Brasil ocorreu, primordialmente, como já foi citado anteriormente, apenas nos anos 1970 e 1980 com um forte componente de subsídio<sup>1</sup> transferidos aos produtores na forma de créditos e também em praticamente todos os segmentos do sistema. Esses subsídios foram, todavia, reduzidos de forma gradual até desaparecerem por completo.

Sob a ótica de um novo ambiente competitivo, os diferentes segmentos do sistema da soja passam a presenciar importantes mudanças, ao mesmo tempo em

---

<sup>1</sup> A prática dos subsídios aos créditos de custeio e investimento, na forma de taxas reduzidas de juros, foi um importante componente da política agrícola brasileira no período que vai dos anos 1970 até meados de 1986. Subsidiava-se também a comercialização através de crédito para o armazenamento das safras.

que procuram adaptar suas estratégias buscando obter ganhos de competitividade<sup>2</sup> (LAZZARINI; NUNES, 1997).

O deslocamento da produção agrícola rumo aos cerrados, o desenvolvimento de novos corredores de exportação, as ineficiências estruturais da indústria processadora e o conseqüente processo de concentração estão entre as principais mudanças geradoras de impactos nos fluxos de insumos, produtos e capitais ao longo do Sistema Agroindustrial da Soja (SAG)<sup>3</sup>.

Lazzarini e Nunes (1997) afirmaram que existiram mudanças estruturais no setor produtivo da soja que objetivavam o aumento da eficiência produtiva, dentre elas o deslocamento da produção para os cerrados como forma de minimizar os custos de frete através da redução das distâncias entre os agentes e o estabelecimento de novos corredores para exportação, promovendo também um processo de “fusões e aquisições” entre os agentes como fatores determinantes para alteração do fluxo de produtos observado no Brasil.

Esse quadro de profundas mudanças tem despertado, por parte dos diversos segmentos do SAG da soja, a elaboração de uma série de diagnósticos e a proposição de políticas setoriais voltadas para o aumento da competitividade brasileira nos mercados internacionais da soja e seus derivados.

Incorporando várias pesquisas sobre o assunto, Brum (1993:18) organizou a economia Mundial da Soja em aproximadamente quatro períodos distintos descritos a seguir:

- 1º Período 1900 a 1945 – Consolidação da soja no mercado interior americano.

---

<sup>2</sup> Ganhos de competitividade estão associados à probabilidade de uma firma continuar no mercado de um certo bem em um determinado horizonte temporal. A competitividade depende da existência de planos de produção factíveis e reprodutíveis, isto é, sustentáveis. É o clima, o relevo, o regime pluvial, a qualidade dos solos, a hidrografia, etc., que podem facilitar ou impedir a produção e/ou a comercialização de determinadas mercadorias. (LAZZARINI; NUNES, 1997:217).

<sup>3</sup> Davis e Goldberg (1957:2) definem SAG (Sistema Agroindustrial) como a somatória total de todas as operações envolvidas na manufatura e distribuição de bens agrícolas; as produções e as operações da fazenda; armazenamento; processamento e distribuição das mercadorias da fazenda e itens deles feitos.

- 2º Período 1945 a 1971 – Transferência do modelo americano para o resto do mundo: o modelo Americano de arraçamento animal é baseado na mistura soja-milho e foi introduzida na Europa e Japão como parte do Plano Marshall de reconstrução pós Segunda Guerra Mundial. Como os países estavam com sua capacidade de produção agrícola destruída, houve uma dependência imediata de produtos para arraçamento animal baseados nos produtos que os EUA tinham em grande excedentes, atrelados às linhas de crédito. Esse modelo impulsionou a soja no mundo e permitiu o desenvolvimento da indústria americana à montante e à jusante da produção agrícola. Estabilidade dos preços e estabilidade do mercado internacional complementam o período.

- 3º Período 1971 a 1985 – Instabilidade dos preços e do mercado internacional.

- 4º Período 1985 a 1993 – Reestruturação do mercado mundial: surge um novo modelo de consumo animal.

A esses períodos, devido às fortes transformações sofridas no Sistema Agroindustrial da Soja, principalmente em função dos avanços tecnológicos do período de 1993 ao presente, seria necessário adicionar-se um quinto período, no qual, ocorreria a introdução dos Organismos Geneticamente Modificados – OGM<sup>4</sup> na soja. Esse conceito tem causado muita polêmica nos meios científicos, mudando muitos conceitos sobre os quais, até então, não se havia pensado.

No entanto, o verdadeiro impulso da soja ocorreu, mais efetivamente, a partir de 1960, onde a produção de 274.000 toneladas evoluiu para 22,5 milhões de toneladas no ano de 1993 e, dez anos depois, 52 milhões em 2003 (FAO, 2006).

Neste contexto, configurou-se a logística que dava suporte à continuidade da produção e à industrialização da soja no Brasil, que colocou o país como

---

<sup>4</sup> Organismos Geneticamente Modificados – OGM – Designam-se aqueles que sofreram alterações através de métodos genéticos, clássicos ou modernos, modificando a composição genética presente originalmente nos organismos, conferindo-lhes características diferenciadas. Atualmente, são designados como transgênicos.

responsável por cerca de 20% da produção mundial de soja em grão, como o maior exportador mundial de farelo de soja, e o 2º maior em óleo de soja (FAO, 2003).

O Brasil ocupa a segunda posição na produção mundial de soja, respondendo por 23,75% da oferta global com 45,5 milhões de toneladas, perdendo apenas para os Estados Unidos, responsável por 43,4% da oferta mundial com 74,3 milhões de toneladas e à frente da Argentina que detém 16,8% da oferta com 30 milhões de toneladas de produção (FAO, 2006).

Assim, as políticas dos países desenvolvidos que procuram restringir o acesso a seus mercados domésticos, agravadas pelos subsídios às exportações, a estabilização do consumo de proteínas de origem animal nos países de alta renda *per capita*, o surgimento de produtos substitutos de óleos vegetais e proteínas para ração animal e o aumento da produção dos países competidores, são alguns fatores que pressionam a posição brasileira no mercado mundial de soja e seus derivados.

No que diz respeito à participação do complexo soja na Balança Comercial brasileira, um dos fatores relevantes ao aumento das exportações de grãos, a partir de 1997, é o efeito da adoção da Lei Kandir, beneficiando a exportação de grãos e demais produtos primários em detrimento das exportações de produtos com algum grau de processamento, como é o caso do farelo de soja. O incentivo à exportação deu-se na forma de isenção do ICMS dos grãos destinados à exportação, aumentando a competitividade dos grãos brasileiros no mercado internacional.

De acordo com dados da CONAB (2003), de 1999 para 2002, a receita brasileira com exportação de soja em grãos aumentou em 90%, passando de um valor de US\$ 1.593,29 milhões para US\$ 3.031,98 milhões. Os principais destinos foram China, Holanda, Espanha, Portugal, Japão e França.

As exportações derivadas do complexo soja totalizaram, em 2002, cerca de US\$ 6 bilhões; sendo que as exportações de grãos deram-se na ordem de 15,9 milhões de toneladas e US\$ 3,031 bilhões; as exportações de farelo participaram com aproximadamente 12,52 milhões de toneladas e US\$ 2,198 bilhões; finalmente,

os óleos bruto, refinado e outros com aproximadamente 1, 93 milhões de toneladas e US\$ 0,778 bilhões. Deve-se ressaltar ainda que essas exportações do complexo de soja representaram em torno de 24% do total das exportações do agronegócio brasileiro, que foram de US\$ 24,86 bilhões em 2002 e em torno de 10% do total das exportações brasileiras, que foram de US\$ 60,36 bilhões no mesmo período. (CONAB, 2003).

A importância estratégica da produção de oleaginosas, além do suprimento da demanda mundial de óleos vegetais, reside na capacidade de ofertar proteínas para a produção de carnes a preços competitivos.

### **3.1.1 A Produção, a Produtividade e as Principais Áreas Destinadas ao Cultivo da Soja no Brasil e no Mundo**

#### **3.1.1.1 Produção Brasileira de Soja vis-à-vis Americana; Argentina e Chinesa.**

O crescimento da produção de soja no país, inicialmente ocorreu pela incorporação de novas áreas e, posteriormente, pelo aumento da produtividade nas lavouras. Dessa forma, as regiões mais afastadas dos centros consumidores e portos exportadores, exigiram maiores produtividades agrícolas.

Os quatro grandes produtores mundiais de soja são, por ordem de importância, os EUA, o Brasil, a Argentina e a China, conforme mostram a Tabela 1 e a Figura 4 com uma abordagem temporal de 25 anos (1980-2004).

A participação do Brasil na produção mundial, até a década de 1990, situou-se em torno dos 20%, chegando a atingir aproximadamente 31% em 1998 e 52% em 2003, mostrando a capacidade de resposta do Brasil aos aumentos de produção mundiais.

Tabela 1 : Produção Mundial de Soja em Grão: 1980-2004 (em 1.000 t)

<b>ANO</b>	<b>MUNDO</b>	<b>EUA</b>	<b>BRASIL</b>	<b>ARGENTINA</b>	<b>CHINA</b>	<b>OUTROS</b>
1980	78.529	48.922	15.156	3.500	7.966	2.985
1981	85.780	54.436	15.007	3.770	9.341	3.226
1982	89.132	59.611	12.836	4.150	9.042	3.493
1983	76.533	44.518	14.582	4.000	9.769	3.664
1984	87.665	50.648	15.541	7.000	9.705	4.771
1985	93.135	57.128	18.278	6.750	10.512	467
1986	97.044	52.868	14.100	7.300	11.629	11.147
1987	98.111	52.737	17.300	7.000	12.202	8.872
1988	103.520	42.153	18.020	9.700	11.660	21.987
1989	96.057	52.350	23.600	6.500	10.239	3.368
1990	107.369	52.416	20.340	10.750	11.008	12.855
1991	104.143	54.065	15.750	11.500	9.721	13.107
1992	107.382	59.612	19.300	11.150	10.313	7.007
1993	110.528	50.886	22.500	11.350	15.323	10.469
1994	131.350	68.445	24.700	12.400	16.011	9.794
1995	125.037	59.174	25.900	12.500	13.511	13.952
1996	128.300	64.782	24.150	12.430	13.234	13.704
1997	142.206	73.177	26.800	11.200	14.737	16.292
1998	157.656	74.599	31.300	18.500	15.153	18.104
1999	156.188	72.223	30.987	19.000	14.245	19.733
2000	159.200	75.055	32.821	21.000	15.411	14.913
2001	172.831	78.671	39.058	26.864	15.407	12.831
2002	175.898	75.010	42.769	30.180	16.506	11.433
2003	184.422	66.777	52.018	34.800	15.393	15.434
2004	199.279	85.012	49.793	31.500	17.600	15.374

Fonte: FAO, 2006

Com relação à produção americana, o Brasil que, na década de 1980, tinha uma produção de aproximadamente 15 milhões de toneladas, representava apenas 30% da produção americana, ou seja, os EUA produziam mais do que o triplo do Brasil, na proporção de 48.922 milhões de toneladas contra 15.156 milhões do Brasil. No entanto, esses números sofrem uma considerável alteração quando consideramos o ano 2001, em que a posição do Brasil, 21 anos depois, já é de aproximadamente 50% da produção americana, na proporção de 39.058 milhões de toneladas produzidas pelo Brasil e 78.671 milhões pelos EUA e, em 2003, gira em torno de 77% a participação brasileira do total produzido nos EUA. Ou seja, os EUA mantiveram uma produção praticamente constante de 1997 até 2002, com variações percentuais nesses cinco anos de até 5% apenas, enquanto que o Brasil teve um aumento no mesmo período de 95%, passando de uma produção de aproximadamente 27 milhões de toneladas para 52 milhões de toneladas em 2003.

Nota-se, na Figura 8, que a Argentina ultrapassou a China em 3,8 milhões de toneladas na safra de 1998, assumindo o terceiro lugar em produção mundial que desde a década de 1980 era ocupado pela China e, a partir daí, fixou sua posição e continuou sua ascensão, atingindo 100% de aumento em 2002, com uma produção de aproximadamente 19 milhões de toneladas a mais.

Assim, quando consideramos o ano de 1991, como demonstrado na Figura 8, percebe-se que a produção americana tinha uma parcela de mercado, no início da década de 1990, de 52% da produção mundial. Enquanto que o Brasil tinha uma parcela de aproximadamente 15% e a Argentina 11%. No ano de 2003, esse quadro novamente sofre reajustes consideráveis, visto que a produção americana agora só representa aproximadamente 36% da produção mundial de soja em grão, enquanto que o Brasil deu um salto considerável para aproximadamente 28% e a Argentina para aproximadamente 19%. Em 2004, a produção americana volta a crescer, atingindo 42,65% da produção mundial e a produção do Brasil e da Argentina passam a representar 25% e 16%, respectivamente, com uma pequena queda percentual de produção.

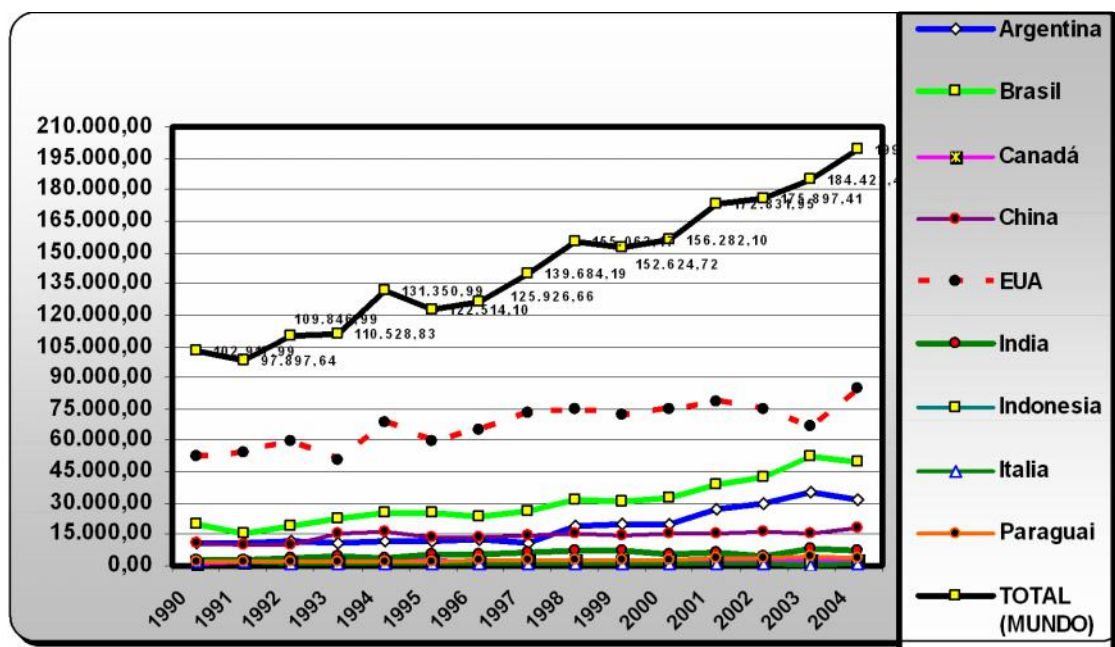


Figura 8 Produção Mundial de Soja em Grão: 1980-2004 (em 1.000 t)

Fonte: FAO, 2006.



O cenário mundial da produção de grãos entra em uma nova fase de reajustes internacionais de produção e exportação mundial da cultura sojifera. Os EUA, maior produtor de soja do mundo, que na década de 1990 possuía uma produção de aproximadamente 20 milhões de toneladas de soja a mais que os países da América do Sul (Brasil e Argentina) juntos, no ano de 2003, perdera em aproximadamente 21 milhões de toneladas para os países sul-americanos, ou seja, o cenário mundial se reverteu completamente em favor dos países latinos. Nos últimos 25 anos de produção de soja (1977-2002), a produção americana de grãos nunca foi ultrapassada pela produção da América do Sul. No entanto, no ano de 2003, a produção dos países latinos (Brasil e Argentina) atingiu um percentual proporcional aproximado de 31% a mais que a produção americana na relação de 86 milhões contra 66 milhões de toneladas produzidas.

Esse fenômeno pode ser explicado porque a área de produção em expansão americana, já está completamente saturada, ou seja, não existem terras propícias para o plantio e cultivo de soja disponíveis no território americano. Enquanto que, no Brasil, por exemplo, só existem, até o ano de 2002, apenas 03 milhões de hectares plantados de soja no cerrado brasileiro e 40 milhões propícios para o plantio, totalizando juntamente com pastagens cultivadas, plantações de frutas e reservas florestais, 61 milhões de hectares.

Na opinião de Figueiredo (2002), aproximadamente 1/3 do cerrado brasileiro, 61 milhões de hectares, corresponde por grande parte da produção dos grãos do país, podendo ser expandido até 204 milhões de hectares representados pelo cerrado brasileiro (centro-oeste do Brasil), tornando o Brasil como um imenso “EL Dorado Verde” na produção e conseqüente exportação de grãos.

Dessa forma, surge um novo cenário econômico, onde aproximadamente 46% da produção mundial de grãos são representadas pelos países latinos, e apenas 36%, aproximadamente, da produção mundial de soja, pelos EUA. Juntos, os três países, representam uma relação percentual de produção de grãos no mundo de aproximadamente 82% que, somado com a produção da China 8%,

chegam a representar 90% da produção mundial de soja, como pode ser visto no Gráfico 4 anteriormente.

Com relação aos principais exportadores mundiais do complexo de soja, o Brasil possui também uma destacada posição conforme demonstram os dados da Tabela 2, configurando um segundo lugar no Ranking Internacional de maiores exportadores e demonstrando uma capacidade de aumento de volumes exportáveis notável em relação a seus competidores.

A produção de soja, a partir da década de 1980, como já foi relatado anteriormente, teve um significativo aumento até meados de 2003, fazendo com que houvesse uma mudança brusca no cenário mundial dos principais produtores de grãos (soja) do planeta. No ano de 1993, os EUA exportavam um equivalente proporcional a 70% da exportação mundial de soja em grãos, enquanto que a participação dos países latinos (Brasil e Argentina) juntos, só atingiam uma quantidade proporcional equivalente a 21% do total das exportações mundiais e apenas 30% das exportações americanas.

No entanto, o cenário mundial novamente sofre mudanças significativas com relação às exportações dos principais países no que tange o agronegócio da soja. Pois, a exportação americana, que antes representava 70% da exportação mundial, no ano de 2003, continuou sendo o maior país exportador de soja do mundo, porém, passou a representar apenas aproximadamente 42% das exportações demonstrando um decréscimo de quase 30% quando comparado ao ano de 1993.

O Brasil, neste mesmo ano de 2003, representava uma participação nas exportações de aproximadamente 35% e a Argentina aproximadamente 12%. Significando dizer que no ano de 2003, juntos, os países latino-americanos passaram a representar 47% das exportações mundiais, superando o domínio americano no decorrer dos últimos 25 anos (1977-2002).

Tabela 2: Principais Exportadores Mundiais de Soja em Grão (em 1.000 t).

<b>ANO</b>	<b>EXPORTAÇÃO</b>	<b>EUA</b>	<b>BRASIL</b>	<b>ARGENTINA</b>	<b>OUTROS</b>
1990	39.419,00	18.289,36	8.570,97	9.027,07	3.531,60
1991	39.956,13	20.013,24	4.782,77	11.638,68	3.521,44
1992	45.424,85	23.822,85	7.494,79	10.851,24	3.255,97
1993	44.889,25	23.311,94	8.075,91	10.178,96	3.322,44
1994	52.365,86	22.592,97	13.895,72	11.590,65	4.286,52
1995	56.152,13	28.401,25	12.772,34	11.350,50	3.628,04
1996	53.102,65	29.023,53	10.558,81	9.154,64	4.365,67
1997	65.834,55	31.909,15	14.219,17	11.476,56	8.229,67
1998	66.834,06	27.903,33	16.276,91	15.656,94	6.996,88
1999	69.219,05	27.778,69	16.871,47	19.693,49	4.875,40
2000	72.109,68	30.335,20	17.035,49	20.425,55	4.313,44
2001	86.817,59	32.614,20	24.116,59	25.372,48	4.714,32
2002	88.001,52	33.352,51	25.861,29	24.467,05	4.320,67
2003	104.245,81	36.181,98	32.552,14	31.051,77	4.459,92
2004	102.699,96	30.372,99	35.442,84	29.165,66	7.718,47

Fonte: FAO, 2006.

A Figura 9 demonstra esse aumento proporcional das exportações brasileiras com relação ao mercado mundial e aos EUA, ratificando sua vantagem comercial de produção qualitativa de soja orgânica, ou seja, sem nenhum tipo de agrotóxico ou produção geneticamente modificada, como é o caso da soja transgênica, produzida pelos EUA e por grande parte da produção Argentina.

A soja é um dos principais produtos da pauta de exportações brasileiras. Em 2002, conforme Embrapa (2006), o país exportou aproximadamente 15,6 milhões de toneladas de soja em grão, 12, 5 milhões de farelo de soja e 1,7 milhões de óleo bruto.

No período de 1990 até meados de 2003, os EUA mantiveram uma hegemonia, no que se refere às exportações de soja em grão, atingindo, em 2003, 36 milhões de toneladas exportadas aproximadamente. No entanto, apesar do Brasil, em 1990, possuir exportações inferiores as da Argentina, esse cenário, em 2004, reverteu-se completamente, proporcionando não só uma hegemonia brasileira em relação aos argentinos como também um recorde nas exportações no valor aproximado de 35,4 milhões de toneladas, ultrapassando também as exportações americanas, que neste ano, girou em torno de 30 milhões juntamente com as

exportações da Argentina. Pode-se perceber também, que as exportações brasileiras sempre cresceram no período analisado, enquanto que as exportações, a argentina e a americana, tiveram uma queda no ano de 2003.

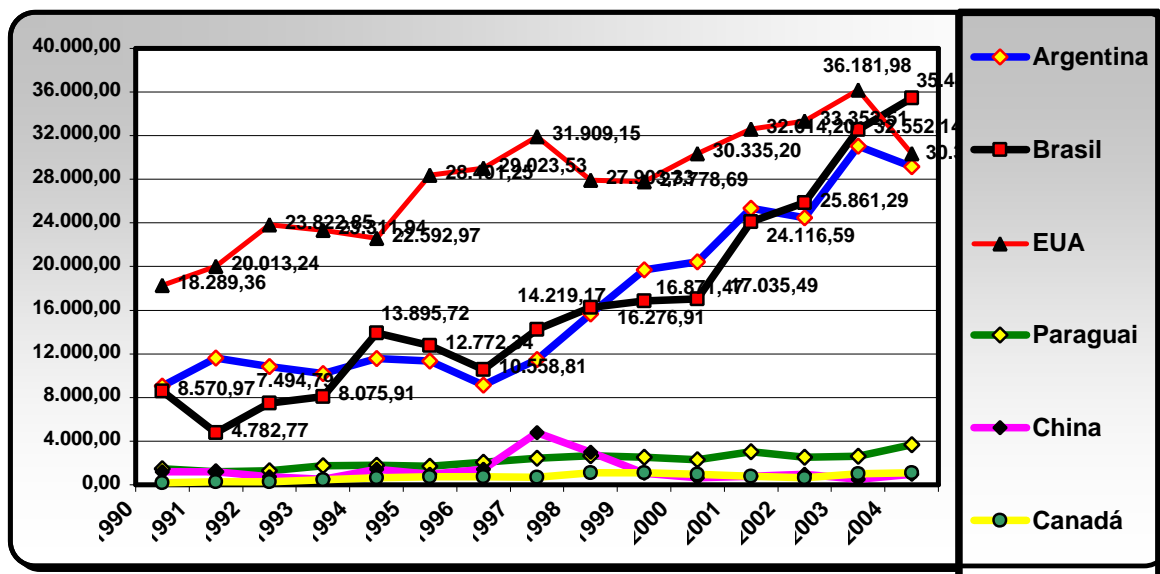


Figura 9 Evolução da Quantidade de Soja em Grão Exportada pelos Principais Países Produtores do Mundo, no período de 1990-2004.

Fonte: IBGE, 2006.

Os principais compradores do grão brasileiro e dos demais países do mundo são: a China, com uma evolução de 1990 até 2004 para aproximadamente 34 milhões de toneladas importadas; a Holanda, com importações aproximadas de 8 milhões de toneladas no mesmo período analisado; a Alemanha com aproximadamente 6 milhões; o Japão, com aproximadamente 5,5 milhões e a Espanha, com aproximadamente 5 milhões de toneladas importadas, conforme Figura 10 a seguir, configuram os maiores importadores mundiais de soja em grão.

O segredo da competitividade brasileira está na produtividade da cultura. Enquanto a área plantada cresceu 18% na década de 1990, o rendimento médio da cultura saltou de 1.740 kg/ha para 2.395 kg/ha, no mesmo período, como demonstrado na Tabela 3.

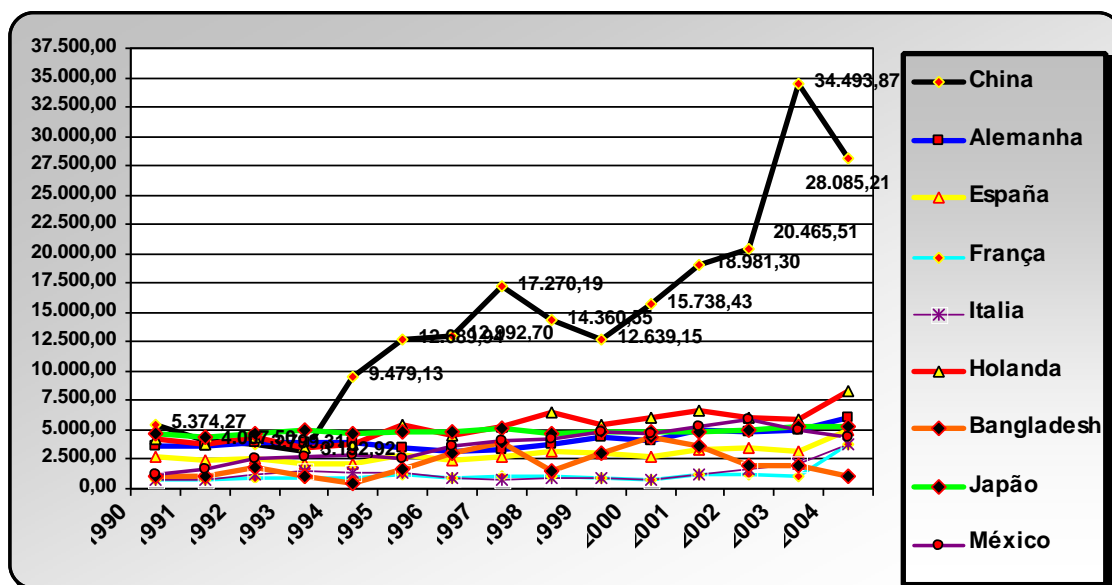


Figura 10 Principais Países Importadores de Soja em Grão do Mundo no período de 1990-2004.

Fonte: IBGE, 2006

### 3.1.1.2 Área Destinada ao Cultivo da Soja no Brasil e sua Produtividade Correspondente.

Vasconcelos (1994) afirma que o cultivo da soja no Brasil, em escala comercial, ganhou impulso a partir da década de 1970, devido ao aumento da demanda internacional e aos incentivos creditícios concedidos pelo Governo. Fatores edafoclimáticos e logísticos estimularam o desenvolvimento da cultura nas regiões sul e sudeste do Brasil.

Kam-Chings (1997) acrescenta que o interesse na produção de soja advém do elevado grau de proteínas (38%) dessa planta. Além disso, seus níveis de óleo (18%) e de hidratos de carbono (31,3%) são interessantes à alimentação humana.

Nos anos seguintes, a cultura da soja ampliou-se substancialmente devido às condições favoráveis geradas por alguns fatores domésticos e estrangeiros tais como: os estímulos de preço devido ao aumento do rebanho bovino na Europa Ocidental e Estados Unidos, elevando a demanda mundial por proteínas para ração animal; o crescimento da demanda por óleos vegetais visando à substituição da gordura animal; as economias de escopo obtidas com a produção do binômio

produtivo soja-trigo; as facilidades creditícias e a política de preços mínimos e o estímulo à pesquisa visando o aumento da produtividade via incremento dos tratos culturais e criação ou adaptação de variedades (VASCONCELOS, 1994).

Mafioletti (2000) afirma que a cultura da soja também se desenvolve no Brasil tanto por aspectos agronômicos positivos quanto pela conjunção de vários fatores macroeconômicos e de mercado. Dentre os principais, o autor cita a existência de um mercado futuro com liquidez em Chicago (EUA); a participação da iniciativa privada nas operações de crédito; a demanda firme no mercado mundial e a elevada capacidade de processamento ociosa existente no setor.

O crescimento da produção de soja no Brasil pode ser visualizado na Tabela 3, que apresenta a evolução da área colhida, da produção e do rendimento da soja produzida no período 1985-2004. Constatando-se aumento de mais de 100% na área colhida e, proporcionalmente, mais de 100% na produção, resultando em aumento de 50% no rendimento da cultura, demonstram a vigorosa adoção da cultura pelos agricultores brasileiros, nesse período.

Kam-Chings (1997) observa que a expansão da área de cultivo da soja foi capaz de alterar a composição da produção agrícola, promovendo o deslocamento de outras culturas estabelecidas, minimizando a importância atribuída à incorporação de terras ao processo produtivo para o seu desenvolvimento. Vasconcelos (1994) assinala que o aumento da área cultivada com soja ocorreu, na maioria das vezes, pela substituição de áreas ocupadas com culturas comparativamente menos rentáveis.

O grande aumento da área e da produção de soja na região em expansão deu-se na década de 1980. De uma área igual a 1,29 milhões de hectares e uma produção de 2,2 milhões de toneladas em 1980, aquela região passou a cultivar 5,08 milhões de hectares e continuou em ascensão, com uma produção proporcional de 10,3 milhões de toneladas, em apenas nove anos. No processo de incorporação de 3,79 milhões de hectares na produção de soja, durante o período de 1980/89, houve

contribuição líquida da cultura, traduzida na expansão da fronteira agrícola, incorporando ao processo produtivo áreas antes inexploradas.

Tabela 3. Evolução de Área Colhida, Produção e Rendimento da Soja, do Brasil, no período de 1985-2004.

Ano	BRASIL		
	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento (Kg/ha)
1985	10.153.405	18.278.592	1.800
1986	9.181.587	13.333.360	1.452
1987	9.129.795	16.977.150	1.860
1988	10.518.370	18.011.650	1.712
1989	12.200.560	24.051.670	1.971
1990	11.487.300	19.897.804	1.732
1991	9.616.650	14.937.806	1.553
1992	9.441.390	19.214.704	2.035
1993	10.635.300	22.590.978	2.124
1994	11.525.400	24.931.832	2.163
1995	11.675.000	25.682.636	2.200
1996	10.291.500	23.155.274	2.250
1997	11.486.500	26.391.448	2.298
1998	13.303.700	31.307.440	2.353
1999	13.061.410	30.987.476	2.372
2000	13.640.026	32.734.958	2.400
2001	13.934.864	37.675.172	2.704
2002	16.365.400	42.769.000	2.610
2003	18.447.700	52.018.000	2.820
2004	21.539.510	49.793.000	2.310

Fonte: FAO, 2006

A produção brasileira teve um significativo aumento no período que tange os anos de 1980-2003 como já foi discutido na tabela 1 anteriormente. Porém, a Tabela 3 expressa os dados históricos correspondentes a área colhida dos grãos no Brasil e seus respectivos rendimentos. Nesse contexto, pode-se perceber que nos intervalos de 1990-2003, a área colhida de grãos no Brasil, aumentou em aproximadamente 7 milhões de hectares ou teve um acréscimo de 60%. Enquanto que seu rendimento médio passou de 1.732 Kg/ha em 1990 para 2.790 Kg/ha em 2003, justificando um rendimento médio de 61% maior que no início da década de 1990. Assim, o Brasil aumentou em 15 anos (1987-2003) sua produção, sua área colhida e seus rendimentos numa proporção considerada recorde e gigantesca por todos os países competidores no mercado internacional de grãos do mundo.

O setor produtivo é a essência de toda cadeia, pois é a produção que movimenta e interliga todos os demais segmentos. A cadeia agroindustrial da soja brasileira sempre foi considerada um exemplo de sucesso de inserção no mercado mundial. O crescimento da produção e do esmagamento da soja, na década de 1970, foi tão rápida que colocou o Brasil, como primeiro exportador mundial de farelo de soja - tendo perdido recentemente essa posição para a Argentina - e o segundo exportador de soja em grão.

Considerando o Complexo Agroindustrial (CAI)<sup>5</sup> total do Brasil, pode-se dizer que sua participação em relação ao PIB do país, estimativamente, chegue a 35%, ou seja, US\$ 195 bilhões, considerando o PIB de 1999. Desse total, a cadeia agroindustrial da soja participa com pelo menos 16%, que significa US\$ 31,20 bilhões anuais. Tais números mostram a importância econômica da soja para o país.

### 3.1.1.3 Área Destinada ao Cultivo da Soja no Brasil, na Argentina e nos EUA e suas Produtividades Correspondentes.

Os principais países produtores de soja, além do Brasil, são os Estados Unidos da América (EUA) e a Argentina. A Tabela 4 apresenta as principais estatísticas da produção, da área colhida e do rendimento desses principais países.

Nos anos de 1985-2001, percebe-se um aumento considerável na área colhida de soja, na proporção de aproximadamente 37% de aumento para o Brasil e 315% de aumento para a Argentina. Isso significa que no mesmo intervalo de tempo, o aumento da área destinada à colheita da soja na Argentina obteve um crescimento recorde de 8,5 vezes mais que o crescimento brasileiro no mesmo período, aumentando de 3.269 (ha) de área colhida para 10.318 (ha). No entanto, entre 2001 e 2004, esse aumento da área argentina girou em torno de aproximadamente 4.000 (ha) enquanto que o aumento do Brasil foi 90% maior em torno de 7.600 (ha). Vale ressaltar, que nesse mesmo período, analisado anteriormente, a área destinada à colheita americana permaneceu aproximadamente constante.

---

<sup>5</sup> Complexo Agroindustrial (CAI) – Designação dada às relações entre indústria de agricultura e a agricultura na fase em que a mesma apresenta intensas conexões para trás, com a indústria para a agricultura, e para a frente, com as agroindústrias (MÜLLER, 1989:148).



Tabela 4 Evolução da Área Colhida, Produção e Rendimento da Soja, Brasil, Argentina e EUA no período de 1985-2004.

Ano	BRASIL			ARGENTINA			EUA		
	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento. (Kg/ha)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento. (Kg/ha)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento. (Kg/ha)
1985	10.153.405	18.278.592	1.800	3.269.000	6.500.000	1.988	24.922.000	57.128.000	2.292
1986	9.181.587	13.333.360	1.452	3.316.000	7.100.000	2.141	23.590.000	52.868.000	2.241
1987	9.129.795	16.977.150	1.860	3.532.650	6.700.000	1.897	23.136.000	52.737.008	2.279
1988	10.518.370	18.011.650	1.712	4.373.200	9.900.000	2.264	23.218.000	42.153.008	1.816
1989	12.200.560	24.051.670	1.971	3.931.250	6.500.000	1.653	24.033.008	52.350.000	2.178
1990	11.487.300	19.897.804	1.732	4.961.600	10.700.000	2.157	22.869.008	52.416.000	2.292
1991	9.616.650	14.937.806	1.553	4.774.500	10.862.000	2.275	23.476.000	54.065.008	2.303
1992	9.441.390	19.214.704	2.035	4.935.710	11.310.000	2.291	23.566.000	59.612.000	2.530
1993	10.635.300	22.590.978	2.124	5.116.235	11.045.400	2.159	23.191.000	50.886.000	2.194
1994	11.525.400	24.931.832	2.163	5.748.910	11.719.900	2.039	24.608.000	68.445.000	2.781
1995	11.675.000	25.682.636	2.200	5.934.160	12.133.000	2.045	24.906.000	59.174.000	2.376
1996	10.291.500	23.155.274	2.250	5.913.415	12.448.200	2.105	25.636.000	64.782.000	2.527
1997	11.486.500	26.391.448	2.298	6.393.780	11.004.890	1.721	27.967.000	73.177.000	2.617
1998	13.303.700	31.307.440	2.353	6.954.120	18.732.172	2.694	28.506.800	74.599.000	2.617
1999	13.061.410	30.987.476	2.372	8.180.000	20.000.000	2.445	29.318.000	72.223.000	2.463
2000	13.640.026	32.734.958	2.400	8.637.503	20.206.600	2.339	29.302.790	75.055.288	2.561
2001	13.934.864	37.675.172	2.704	10.318.000	26.737.000	2.591	29.542.370	78.668.480	2.663
2002	16.365.400	42.769.000	2.610	11.414.000	30.180.000	2.640	29.339.000	75.010.000	2.560
2003	18.447.700	52.018.000	2.820	12.421.000	34.800.000	2.800	29.330.310	66.777.820	2.280
2004	21.539.510	49.793.000	2.310	14.371.000	31.500.000	2.190	29.932.000	85.012.800	2.840

Fonte: FAO, 2006.

Quando se trata de rendimento proveniente desta cultura sojifera, o Brasil demonstra um aumento de aproximadamente 50%, enquanto a Argentina apenas de 30%.

Percebe-se que mesmo a área colhida, tendo aumentado consideravelmente na Argentina com relação ao Brasil, não consegue margens de rendimentos superiores ao do Brasil. Portanto, o Brasil demonstra um maior desempenho produtivo nesse período, conforme Figura 11.

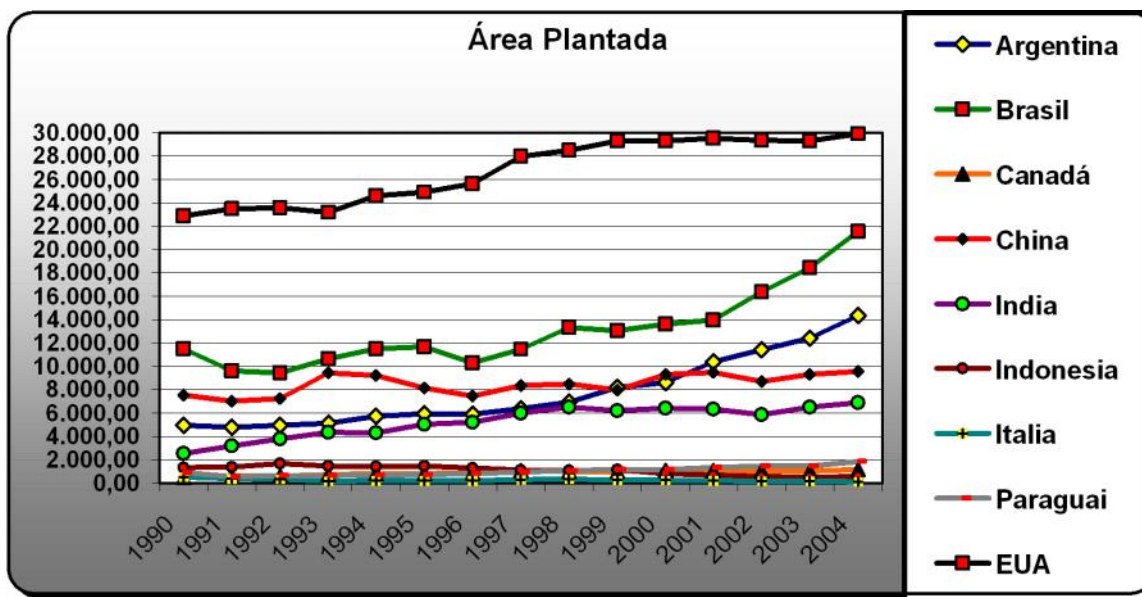


Figura 11 Evolução da Área Plantada de Soja pelos Principais Países Produtores de Soja do Mundo, no período de 1990-2004.

Fonte: IBGE, 2006

Ao avaliar a evolução dos rendimentos da produção sojifeira americana no mesmo período anterior (1985-2004), percebe-se também um aumento mediano de aproximadamente 16%, no que diz respeito a esses rendimentos, ficando muito aquém do aumento dos rendimentos brasileiros, em um total de 50% e dos Argentinos, em um total de 30%. Porém, aproxima-se da média dos rendimentos mundiais que gira em torno de cerca de 22%. Nesse mesmo sentido, os rendimentos brasileiros ficam 130% acima da média, e os argentinos, aproximadamente, 40%.

Tais resultados referentes aos rendimentos dos principais países produtores e exportadores de grãos (soja) do mundo que podem melhor ser visualizados na Figura 12 com representação gráfica em linha e na Figura 14 com representação gráfica em colunas.

Em se tratando da área colhida, percebe-se que, entre 1985 e 2001, houve um expressivo aumento na Argentina (15,63%), enquanto nos EUA o crescimento foi de 18,5%, acompanhado por uma evolução mundial de 42,4%. É importante ressaltar, contudo, que a área colhida média nos EUA, nesse período, é cerca de 5

vezes maior que a área colhida média na Argentina, além de representar 41% da área colhida média no Mundo.

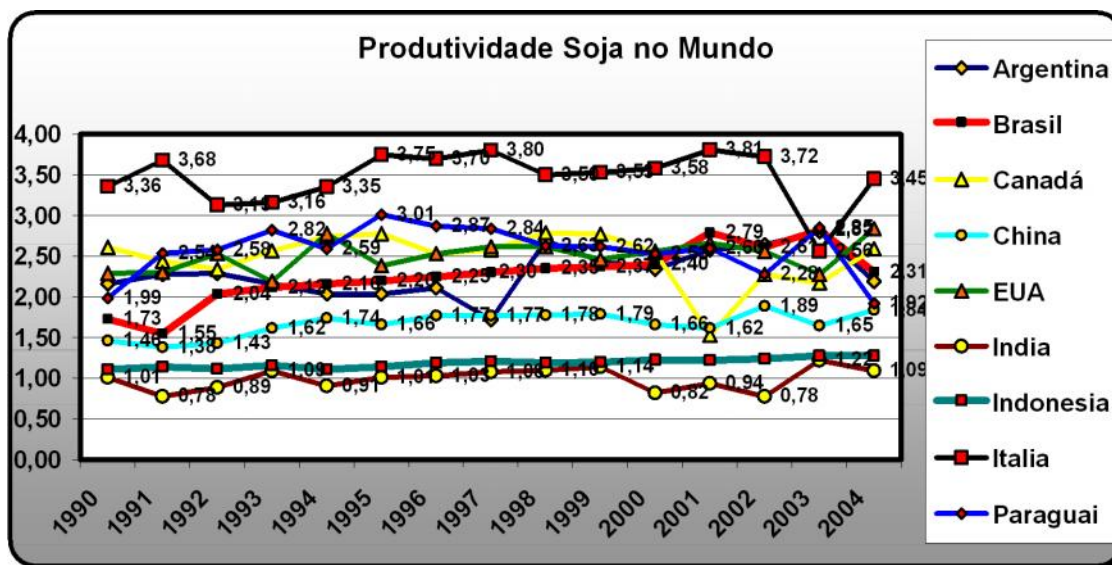


Figura 12 Evolução das Produtividades dos Principais Países Produtores de Soja do Mundo, no período 1990-2004.

Fonte: IBGE, 2006

Comparativamente, o Brasil (37,2%), em termos médios, colheu uma área equivalente ao dobro da Argentina, 44% da americana e 18% da mundial. Kam-Chings (1997) observa que a Argentina se posiciona como o principal concorrente do Brasil na produção e na comercialização da soja. Porém, enfrenta problemas na utilização das áreas, uma vez que, na época da safra de soja, essas áreas estão ocupadas principalmente pelo milho, cujo mercado internacional não se arrisca em perder.

Quanto à produção, depreende-se pela Tabela 4 que a Argentina também demonstrou forte incremento no período, passando de 6,6 milhões de toneladas, em 1985, para 26,7 milhões de toneladas, no ano de 2001, revelando um crescimento de 311%. Os EUA, também com produção crescente, alcançaram 37,7% no mesmo período. Por sua vez, a produção mundial cresceu 74,6%.

É importante realçar, novamente, que a produção média americana, entre 1985 e 2001, foi cerca de 5 vezes maior que a produção Argentina e correspondeu a

49% da produção mundial. O Brasil, nesse contexto, evidenciou uma produção média equivalente a duas vezes à produção média argentina, 38% da americana e 19% da média mundial. No que tange ao rendimento da cultura da soja, no período 1985-2001, nota-se que a Argentina obteve um crescimento de 30%, enquanto os EUA conseguiram 16% e o Mundo, como um todo, cerca de 23% conforme demonstrações gráficas expressas na Tabela 1 indicadas na Figura 13.

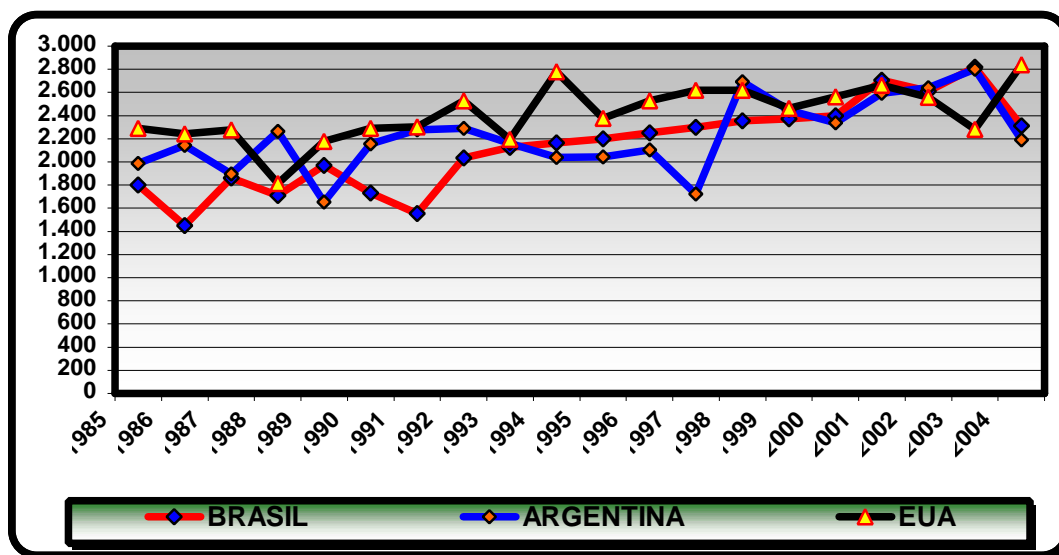


Figura 13 Evolução do Rendimento da Cultura da Soja, Brasil, Argentina, Estados Unidos da América, 1985-2004, em (kg/ha).

Fonte: FAO, 2006.

As Figuras 12 e 14 mostram o perfil dessa evolução, com representações gráficas em linhas e em colunas, para uma melhor compreensão dos principais países com rendimentos expressivos e produtividades altas, como Brasil, Argentina e Estados Unidos e para o Mundo. Essas figuras revelam que, ao longo do tempo, os rendimentos dos três países foram se aproximando em termos absolutos e demonstrando com isso que houve uma evolução igualitária em termos de rendimentos proporcionados pelos maiores produtores de grãos do mundo.

No entanto, a Figura 12, em um primeiro momento, demonstra uma maior produtividade da Itália em relação a qualquer outro país do mundo, porém, na Figura 11, anterior, pode-se perceber que a produtividade italiana só é alta porque a área

produzida é inexpressiva, ou seja, quase não possui área plantada para a produção da soja.

Para uma melhor visualização, destacaram-se os três principais países produtores e exportadores de grãos do mundo para que fossem verificadas suas produtividades correspondentes, conforme Figura 14.

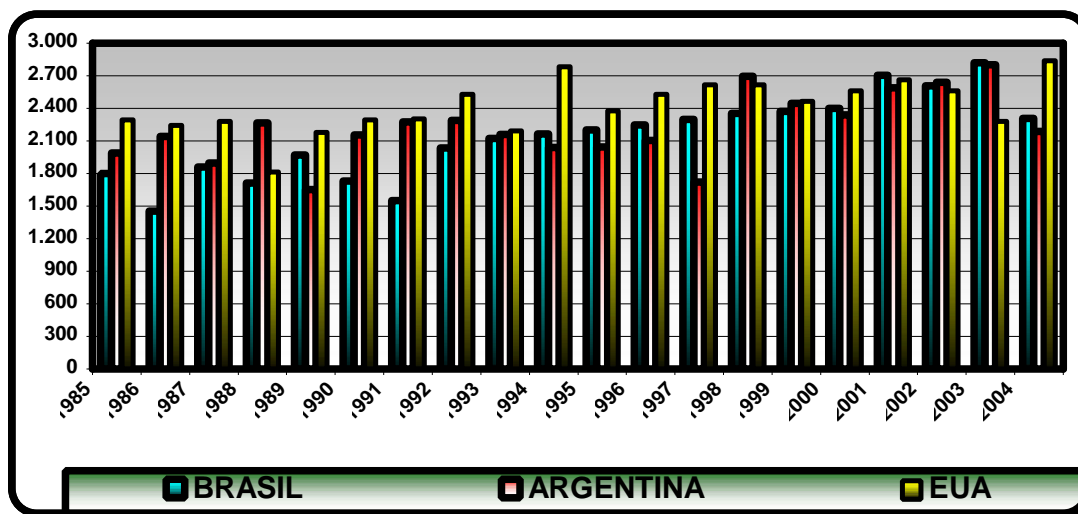


Figura 14 Evolução do Rendimento da Cultura da Soja, Brasil, Argentina, Estados Unidos da América e Mundo, no período de 1985-2004, em (kg/ha).

Fonte: FAO, 2006.

#### 3.1.1.4 A Produtividade e a Conseqüente Competitividade da Soja.

Considerando que a soja *in natura* não faz parte da tradição alimentar brasileira, sua utilização interna se dá, principalmente, na forma de óleo e de farelo. Assim, a quase totalidade de grãos produzidos direciona-se para o mercado externo, em especial o europeu e o leste-asiático. Nesse contexto, pode-se observar na Tabela X a evolução da soja em grão exportada em relação à produzida, no período 1990-2004. A Tabela 6 evidencia que a quantidade de soja em grão exportada anualmente cresceu, substancialmente, ao longo do período, passando de 19%, do total produzido em 1989, para 42% em 2001. Em média, identificou-se um crescimento de exportações equivalente a 24 % da produção anual.

O maior Estado produtor brasileiro é o Mato Grosso. Com uma área de aproximadamente quatro milhões de hectares, o Estado tem uma produção de cerca de 13 milhões de toneladas e produtividade média de 3.100 kg/ha, compatível com a norte-americana. O Paraná é o segundo maior produtor do grão, plantando uma área de 3,5 milhões de hectares, com produtividade média de 3.000 kg/ha e produção de 10,6 milhões de toneladas aproximadamente. O terceiro maior produtor brasileiro é o Rio Grande do Sul. Com área semelhante ao Paraná, o produtor gaúcho ainda tem baixa produtividade, em média 2.200 kg/ha, totalizando uma produção de cerca de 7 milhões de toneladas.

A soja brasileira é produzida de norte a sul do país. Os principais Estados produtores são o Mato-Grosso, o Paraná e o Rio Grande do Sul, respectivamente. Até a década de 1980, a produção brasileira concentrava-se nos Estados do sul do Brasil. A partir da década de 1990, o centro-oeste tornou-se a principal região produtora, sendo atualmente responsável por cerca de 40% do total da produção brasileira. O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira sempre estiveram associados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo.

### **3.1.2 O Estado do Mato Grosso**

Silva (1982) afirma que de acordo com o Tratado de Tordesilhas, o atual Estado do Mato-grosso, como quase todo o centro-oeste e a região norte, pertencia à Espanha. Por muito tempo, sua exploração se limitou às esporádicas expedições de aventureiros e à atuação de missionários jesuítas espanhóis. A ocupação do Estado guarda uma semelhança muito grande com a ocupação territorial brasileira, a qual foi efetuada aos saltos, com núcleos de povoação, surgidos em função de episódios históricos marcantes, como por exemplo, as Bandeiras no séc. XVII, expedições organizadas com o objetivo de escravizar índios. Tais expedições tiveram seus propósitos desviados em função da descoberta do ouro no séc. XVIII, que por sua vez atraiu grande contingente populacional para aquelas áreas, que acabaram se transformando em vilas e cidades. A região foi incorporada ao Brasil em 1750, pelo Tratado de Madri.

Além disso, no século XIX, com o declínio da mineração o empobrecimento e o isolamento da província se tornaram inevitáveis. Alguma atividade agrícola e mercantil de subsistência sobreviveu nos campos mais férteis do sul. O único meio de transporte até a capital era o navio, numa viagem pelo rio Paraguai. Na República, esse isolamento foi sendo vencido com a ampliação da rede telegráfica pelo marechal Cândido Rondon, a navegação a vapor e a abertura de algumas estradas precárias. Esse avanço em infra-estrutura atraiu seringueiros, criadores de gado, exploradores de madeira e de erva-mate para a região.

O Estado do Mato-Grosso sempre foi muito esquecido pelo Governo Central, tendo recebido atenção do Governo Federal somente durante a Guerra do Paraguai, ocasião na qual nasceram cidades típicas das regiões fronteiriças como Jardim, Miranda, Forte Coimbra e Porto Murtinho, em função da necessidade de se garantir a segurança nacional.

Como todo o centro-oeste, o Estado de Mato-Grosso beneficiou-se da política de interiorização do desenvolvimento dos anos 40 e 50 e da política de integração nacional dos anos 70. A primeira foi baseada principalmente na construção de Brasília e a segunda, nos incentivos aos grandes projetos agropecuários e de extrativismo, além dos investimentos em infra-estrutura, estradas e hidrelétricas. Com esses recursos, o Estado prosperava e atraía dezenas de milhares de imigrantes. De acordo com dados do IBGE (2006), sua população saltou de 430 mil para 1,6 milhão de habitantes entre 1940 e 1970.

O novo surto de desenvolvimento econômico surge em função da construção da estrada de ferro Noroeste do Brasil, ligando São Paulo a Corumbá na fronteira com a Bolívia, registrando uma mudança no comportamento do transporte, que até então era feito exclusivamente pelos rios, uma vez que as estradas eram praticamente intransitáveis, o que veio a modificar os contornos demográficos da ocupação territorial do Estado, ensejando a criação de cidades como Campo Grande e Três Lagoas (SILVA, 1982).

### 3.1.2.1 A Divisão do Estado do Mato-Grosso e suas Conseqüências.

O movimento divisionista vinha de longa data e foi se fortalecendo cada vez mais. A primeira tentativa de se criar um novo Estado ocorreu em 1982, por iniciativa de alguns revolucionários sob as ordens do coronel Barbosa, que justificavam a criação do novo Estado em decorrência da dificuldade em desenvolver a região diante da grande extensão e diversidade e das diferenças econômicas que geravam uma rivalidade entre as duas regiões de Mato Grosso: o norte e o sul. A região sul sentia-se prejudicada, pois se considerava a responsável pela maior parte da renda gerada pelo Estado e seus habitantes, os sulinos entendiam que o norte ficava com a maior parte dos benefícios.

Finalmente, em 11 de outubro de 1977 o presidente Ernesto Geisel assinava a lei complementar nº 31, criando o Estado de Mato Grosso do Sul, pelo desmembramento da área do estado de Mato Grosso (WEINGARTNER,2003). De acordo com dados do censo demográfico do IBGE para 1970, o antigo Estado do Mato-Grosso tinha cerca de 2.300.000 habitantes, distribuídos por 93 municípios. Segundo estimativas baseadas no censo de 1970, com o desmembramento, o novo Estado de Mato Grosso do Sul, passou a contar com uma população de 1.400.000 habitantes, distribuídos em 55 municípios, numa área de 350.000 Km<sup>2</sup>.

O Mato Grosso remanescente ficou com uma população de cerca de 900.000 habitantes, distribuídos em 903.357,908 Km<sup>2</sup>, dentro de 38 municípios, que se multiplicaram em decorrência da explosão agrícola, a qual será comentada posteriormente. Atualmente, de acordo com as estatísticas da Secretaria de Planejamento do Estado, o Mato Grosso conta com 139 municípios. Mesmo após o desmembramento, o Mato Grosso ainda é a terceira Unidade Federativa em superfície, com uma área de 903.357,908 Km<sup>2</sup>, perdendo apenas para os Estados do Amazonas e do Pará.

O Estado presenciou um significativo crescimento populacional desde a década de 1980 até o período atual, tendo sido um importante pólo de imigração nos anos 1990. A Tabela 5 mostra que a população total do Estado, entre 1980 e 2000,



cresceu em aproximadamente 120%, sendo que no período ocorreu um aumento da proporção da população urbana em relação à rural. Em 1980, a população urbana representava 58% do total e a rural 42%. Em 2000, a população urbana passou a representar 80% do total e a rural 20% apenas.

Tabela 5 População do Estado do Mato Grosso (habitantes).

Situação	Ano			
	1980	1991	1996	2000
Urbana	655.141	1.485.110	1.695.548	1.987.726
Rural	483.777	542.121	540.284	516.627
Total	1.138.918	2.027.231	2.235.832	2.504.353
Fonte: IBGE,2000.				

Baseado em informações divulgadas pelo IBGE (2000), calcula-se que entre 1991 e 2000 o Mato Grosso apresentou um crescimento demográfico de 2,4% ao ano. Em 2000 apresentou a menor densidade demográfica da região centro-oeste, com média de 2,8 habitantes por Km<sup>2</sup>. A população se distribui de forma desigual. Há desertos demográficos ao norte, onde a densidade gira em torno de 1,8 habitante por Km<sup>2</sup>, e áreas urbanas como Cuiabá (102 habitantes por Km<sup>2</sup>) e Várzea Grande (180 habitantes por Km<sup>2</sup>). O maior crescimento populacional é registrado nas áreas onde a expansão da produção de grãos em escala comercial é recente, como Sorriso (9% ao ano) e Sinop (8,6%). Essas cidades recebem grande número de migrantes vindos, sobretudo, da Região Norte.

### 3.1.2.2 A Economia Agrícola do Estado do Mato-Grosso.

As principais culturas do Mato Grosso, atualmente, são: arroz, algodão, milho e soja, que, em 1980, de acordo com a tabela 6, ocupavam 2.537.512 ha das áreas de lavoura do Estado e, em 2002, passaram a ocupar 5.305.550 ha, atingindo mais de 100% de aumento. O crescimento continuou, chegando a atingir 8.533.462 em 2005 como pode ser observado na Tabela 6.

Observa-se também que a soja, isoladamente, ocupava 68,97% da área total de lavouras em 2001, alcançando em 2005, 71,73%. Já o arroz, tradicional lavoura do Estado, encontra-se em franca redução de área pela falta de capacidade do arroz de sequeiro em competir tanto com o arroz irrigado do Rio Grande do Sul, quanto com o arroz importado, passando de 35,33% da área em 1980 para 10,02% em 2005.

No Estado do Mato-Grosso, a cultura do milho ocupa a segunda maior área destinada ao plantio com 1.073.146 ha em 2005, com uma participação de 12,57% da área total destinada ao plantio no Estado como pode ser visualizado nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 Áreas Cultivadas com as Principais Lavouras no Mato-Grosso (ha).

<b>Ano</b>	<b>Algodão</b>	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>	<b>Total</b>
1980	4.480	896.513	83.609	1.552.910	2.537.512
1985	16.945	406.589	242.913	1.172.100	1.838.547
1990	43.422	381.387	273.511	1.552.910	2.251.230
1991	68.653	311.869	255.865	1.172.100	1.808.487
1992	55.262	616.449	313.160	1.459.164	2.444.035
1993	69.984	549.665	350.492	1.680.257	2.650.398
1994	66.059	476.542	434.705	2.023.056	3.000.362
1995	70.215	422.803	445.861	2.338.926	3.277.805
1996	55.155	430.822	542.636	1.956.148	2.984.761
1997	42.259	355.231	573.276	2.192.514	3.163.280
1998	106.483	364.270	479.684	2.643.389	3.593.826
1999	200.182	731.232	520.818	2.636.175	4.088.407
2000	257.762	700.533	562.582	2.906.648	4.427.525
2001	412.627	451.096	540.085	3.121.408	4.525.216
2002	328.050	436.134	723.135	3.818.231	5.305.550
2003	290.531	439.867	882.658	4.414.496	6.027.552
2004	470.780	739.012	941.125	5.279.928	7.430.845
2005	483.525	855.067	1.073.146	6.121.724	8.533.462

Fonte: IBGE (2006).

Mais de 20 anos após a formação dos dois Estados, o Mato Grosso, que ficou com a região menos rica, apresenta crescimento expressivo. A principal força econômica está na agricultura, cujo crescimento é demonstrado por recordes na produção de soja e algodão. O Mato Grosso é o maior produtor nacional de soja e algodão, tendo também a maior produtividade quando comparado aos demais Estados brasileiros, sendo que para ambos os produtos, a eficiência dos sistemas de produção faz com que os custos de frete não inviabilizem essas atividades.

No período de 1980 até 2005, a participação da cultura do algodão em áreas cultivadas no Estado do Mato grosso, passou de 0,17% para 5,66%, enquanto que a cultura da soja passou de 61,19% para 71,73% e a do milho de 3,29% para 12,57%. Ou seja, enquanto a cultura do cultivo do algodão cresceu em aproximadamente 500%, a cultura do milho cresceu 282% e a da soja cresceu apenas aproximadamente 14%.

Tabela 7: Participação das Culturas em Áreas Cultivadas no Mato-Grosso (%).

<b>Ano</b>	<b>Algodão</b>	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>	<b>Total</b>
1980	0,1766	35,3304	3,2949	61,1981	100
1985	0,9217	22,1147	13,2122	63,7514	100
1990	1,9288	16,9413	12,1494	68,9805	100
1991	3,7962	17,2447	14,1480	64,8111	100
1992	2,2611	25,2226	12,8132	59,7031	100
1993	2,6405	20,7390	13,2241	63,3964	100
1994	2,2017	15,8828	14,4884	67,4271	100
1995	2,1421	12,8990	13,6024	71,3565	100
1996	1,8479	14,4341	18,1802	65,5378	100
1997	1,3359	11,2298	18,1228	69,3114	100
1998	2,9629	10,1360	13,3474	73,5536	100
1999	4,8963	17,8855	12,7389	64,4793	100
2000	5,8218	15,8222	12,7065	65,6495	100
2001	9,1184	9,9685	11,9350	68,9781	100
2002	6,1831	8,2203	13,6298	71,9667	100
2003	4,8200	7,2976	14,6437	73,2386	100
2004	6,3355	9,9452	12,6651	71,0542	100
2005	5,6662	10,0202	12,5757	71,7379	100

Fonte: IBGE (2006)

A Tabela 8 mostra que os volumes de produção de algodão, milho, arroz e soja, de 1980 para 2005 aumentaram consideravelmente. O algodão passou de 4.914 t para 1.682.839 t; o arroz de 1.175.041 para 2.262.863; o milho passou de 142.572 t para 3.483.266 t e a soja de 117.173 t para 17.761.444 t.

Tabela 8 Produção das Principais Culturas do Mato-Grosso (t).

<b>Ano</b>	<b>Algodão</b>	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>
1980	4.914	1.175.041	142.572	117.173
1985	21.837	521.776	410.500	1.656.039
1990	57.634	420.722	618.973	3.064.715
1991	73.458	465.826	669.683	2.738.410
1992	67.862	850.743	763.907	3.642.743
1993	85.641	587.590	908.186	4.118.726
1994	91.828	812.439	1.163.551	5.319.793
1995	87.458	762.327	1.226.157	5.491.426
1996	73.553	721.793	1.514.658	5.032.921
1997	78.376	694.904	1.520.695	6.060.882
1998	271.038	776.502	948.659	7.228.052
1999	630.406	1.727.339	1.118.851	7.473.028
2000	1.002.836	1.851.517	1.429.672	8.774.470
2001	1.525.376	1.151.816	1.743.043	9.533.286
2002	1.141.211	1.181.340	2.311.368	11.684.885
2003	1.065.779	1.253.363	3.192.813	12.965.983
2004	1.884.315	2.177.125	3.408.968	14.517.912
2005	1.682.839	2.262.863	3.483.266	17.761.444

Fonte: IBGE (2006)

Os dados demonstrados na Tabela 8 refletem um aumento considerável em volumes de produção das principais culturas agrícolas do Estado do Mato-Grosso. Pode-se visualizar na Figura 15, a proporção real dessa evolução da produção.

O arroz manteve um equilíbrio quase que constante no período de 1980 até 2003, demonstrando uma estabilidade de produção nos últimos 23 anos do período em destaque. Com relação a produção da cultura do algodão, a figura 8 demonstra que sua produção só ultrapassou 200.000 t a partir do ano de 1998, chegando a

crescer em até 13 vezes mais a partir deste ano, atingindo então uma produção de 1.065.779 em 2003 e 1.682.839 em 2005.

Nesse contexto, destaca-se também a produção do milho que não tinha uma grande representabilidade no ano de 1980, com uma produção de apenas 142.572 t, no entanto, a partir da década de 90, deu um salto considerável atingindo a casa dos 1.226.157 de toneladas no ano de 1995 e duplicando, praticamente, essa produção para 2.336.832 t em 2003 e alcançando a margem de 3.483.266 em 2005.

Por fim, a cultura da soja merece uma atenção diferenciada, na medida em que sua produção partiu de um total de apenas 117.173 t no ano de 1980, chegando a atingir, cinco anos depois, 1.656.039 t., ou seja, em apenas cinco anos a produção cresceu 14 vezes mais e em 1990, já havia triplicado novamente. Assim, considerando o gráfico da figura 8, pode-se perceber também que no ano de 2001, o crescimento batia novo recorde com um aumento porcentual de 210%. Contudo, a produção sojifera não parou mais de crescer, atingindo novamente, no ano de 2003, um aumento de aproximadamente 140% com relação ao ano de 2001, demonstrando sua extrema superioridade com relação às outras culturas do Estado e, em 2005, atingindo 17.761.444 com uma nova margem de crescimento.

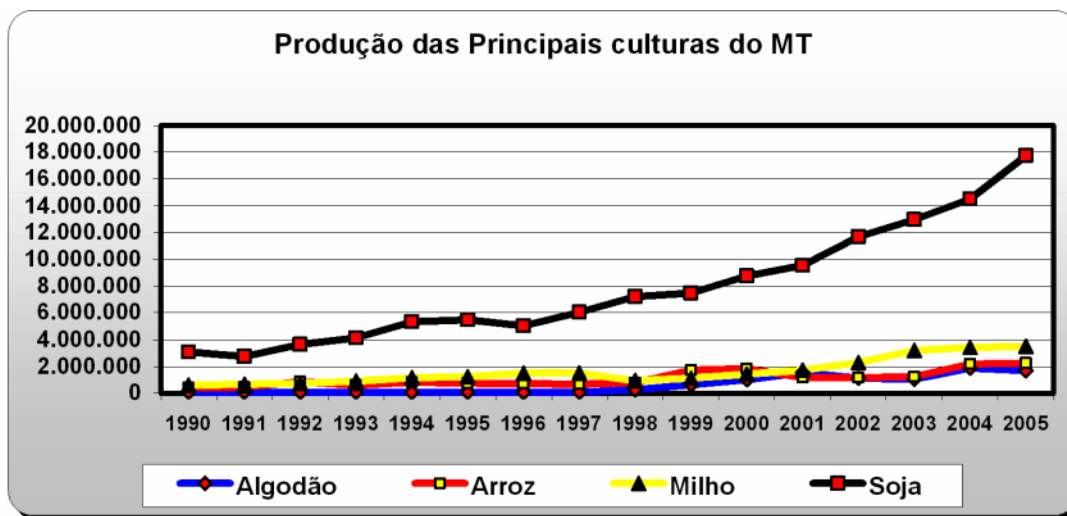


FIGURA 15. Produção das Principais Culturas do Mato Grosso.

Fonte: IBGE (2006)

A Tabela 9 mostra que a produtividade média da soja passou de 1,66t/ha em 1980 para 3,06t/ha em 2002. No caso do algodão, sua produtividade média passou de 1,10 para 3,48 no mesmo período; a do arroz passou de 1.31 para 2.65 e a do milho de 1.71 para 3.21.

Tabela 9: Produtividade das Principais Culturas do Mato-Grosso (t/ha).

<b>Ano</b>	<b>Algodão</b>	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>
1980	1.100	1.310	1.710	1.660
1985	1.290	1.280	1.690	2.080
1990	1.327	1.184	2.290	2.006
1991	1.073	1.534	2.646	2.351
1992	1.260	1.488	2.631	2.505
1993	1.230	1.196	2.672	2.453
1994	1.390	1.704	2.676	2.629
1995	1.260	1.827	2.790	2.364
1996	1.335	1.682	2.791	2.572
1997	1.854	1.956	2.652	2.764
1998	2.545	2.132	2.308	2.734
1999	3.149	2.377	2.539	2.836
2000	3.890	2.650	2.638	3.018
2001	3.699	2.557	3.249	3.054
2002	3.478	2.716	3.210	3.060
2003	3.668	2.851	3.625	2.937
2004	4.011	2.949	3.622	2.758
2005	3.488	2.651	3.337	2.908

Fonte: IBGE (2006)

Pode-se perceber na Figura 16, que a produtividade da cultura do algodão teve um aumento a partir dos anos 1980, superior a três vezes mais, até o ano de 2003, passando de 1,10t/ha para 3,63t/ha. Nesse mesmo período, nota-se que a produtividade sojifera na década de 1980 assumia a liderança entre as demais culturas produzidas no estado do Mato Grosso, porém, a partir dos anos 1990, a cultura do milho assume a posição de maior produtividade entre as demais. Assim, no ano de 1997, a cultura do algodão agora desponta como a maior dentre as demais e permanece até o ano de 2003. Nesse novo cenário, a soja também perde

espaço para a produtividade do milho que desponta a partir de 2001 e permanece constante até o ano de 2003.

No entanto, comparando a produtividade da soja do Mato Grosso em relação ao centro-oeste e ao Brasil como um todo, percebe-se a hegemonia do Estado do Mato Grosso durante todo o período analisado com uma produtividade acima da média Nacional como demonstrado na Figura 17.

Nota-se que a produtividade das culturas produzidas no Estado do Mato-Grosso tiveram um crescimento significativo simultaneamente, comprovando não só um aumento de produtividade das mesmas como também um crescimento econômico do Estado do Mato Grosso no período em destaque, 1980-2005.

A cultura do algodão aparece, a partir de 2000, com os maiores índices de produtividades seguidos da cultura do milho e, só em terceiro lugar, aparece a cultura sojifera acompanhada de perto pela cultura do arroz.

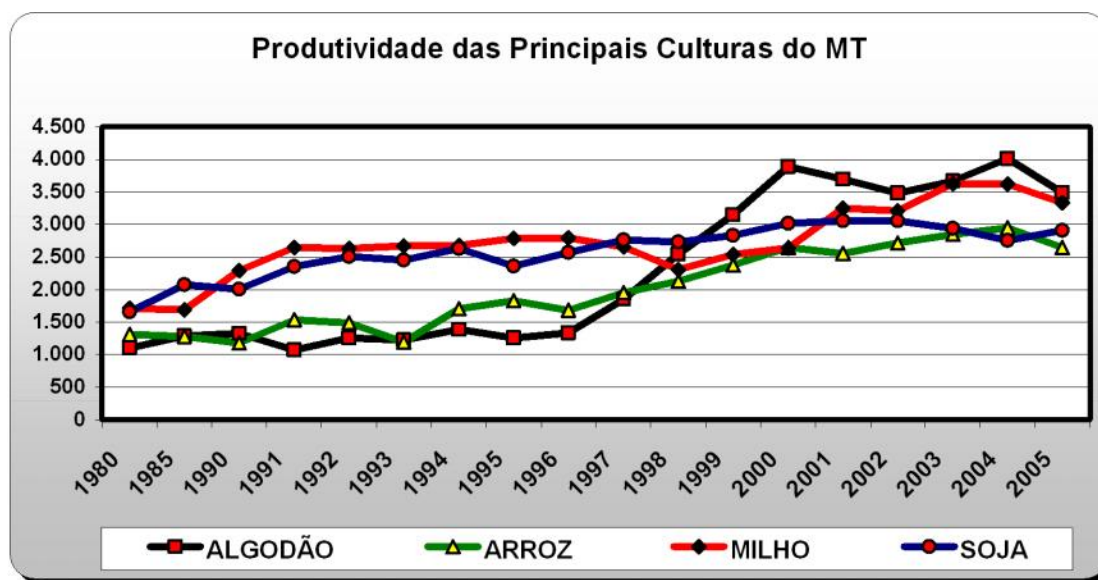


Figura 16 Produtividade das Principais Culturas do Mato-Grosso

Fonte: IBGE (2006)

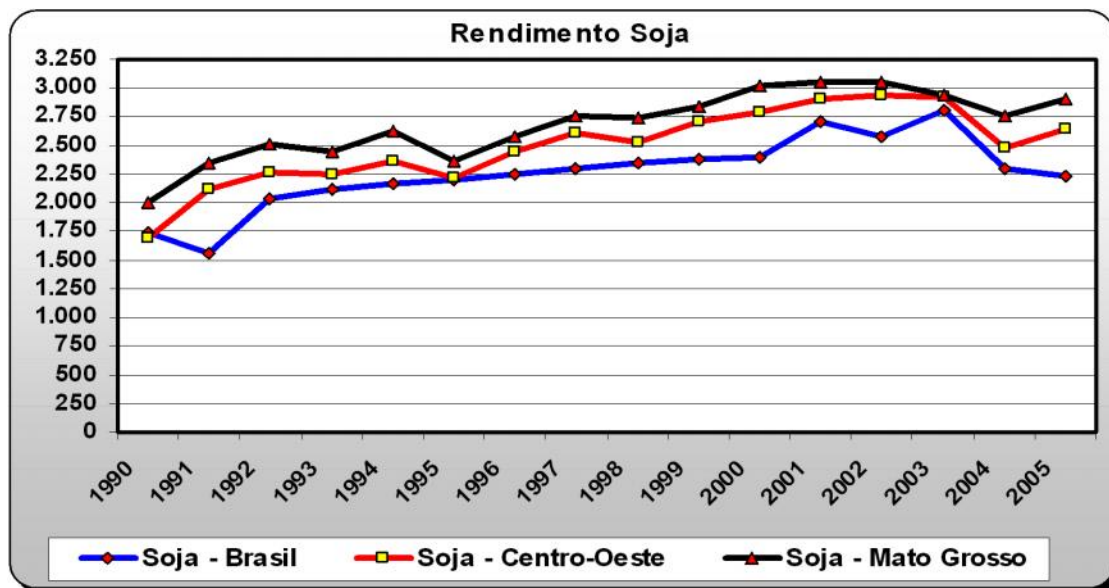


Figura 17 Comparativo da Produtividade da Soja no Brasil, no Centro-Oeste e no Mato-Grosso, no período de 1990-2005.

Fonte: IBGE (2006)

Conforme registrado na Tabela 10, na safra de 2001/2002 a produção de soja do Estado respondeu por 11,69 milhões de toneladas, chegando a 17,76 em 2005. Ao longo da década de 1990 a participação da produção de soja do MT sobre a do Brasil passou de 18,3% para 26,8%. A representação da Figura 18 demonstra a evolução da participação do Mato Grosso em relação à produção de soja no Brasil no período de 1990 a 2005. Vale ressaltar, que esse aumento na participação do Mato Grosso em relação ao Brasil, no mesmo período analisado, foi de mais de 100% passando de 15,40%, em 1990, para 34,70%, em 2005, da produção total do Brasil.

Com relação aos demais Estados brasileiros que produzem as culturas do algodão, arroz, milho e soja, pode-se dizer que possuem características próprias de crescimento e declínio no período analisado de 1990 a 2005 dessas principais culturas. O cenário nacional passou por várias transformações durante esses 15 anos analisados.

De acordo com o Censo Agropecuário 1995/96, divulgado pelo IBGE (1996), a produção nacional de algodão neste período foi de 814.188 toneladas, a de arroz de 8.047.895 t, a de milho de 25.510.505 t e a de soja de 21.563.768 t. A Tabela 11



e 12 mostram a participação de alguns Estados na produção nacional destas culturas, em porcentual, conforme descrito pelo IBGE (2006).

Tabela 10 Evolução da Produção de Soja do Mato-Grosso em relação ao Brasil, em milhões de toneladas, no período de 1990-2005.

ANO	MT	BRASIL	Participação (%)
1990	3.064.715	19.897.804	15,40
1991	2.738.410	14.937.806	18,33
1992	3.642.743	19.214.705	18,96
1993	4.118.726	22.590.978	18,23
1994	5.319.793	24.931.832	21,34
1995	5.491.426	25.682.637	21,38
1996	5.032.921	23.166.874	21,72
1997	6.060.882	26.392.636	22,96
1998	7.228.052	31.307.440	23,09
1999	7.473.028	30.987.476	24,12
2000	8.774.470	32.820.826	26,73
2001	9.533.286	37.907.259	25,15
2002	11.684.885	42.107.618	27,75
2003	12.965.983	51.919.440	24,97
2004	14.517.912	49.549.941	29,30
2005	17.761.444	51.182.074	34,70

Fonte: IBGE (2006)

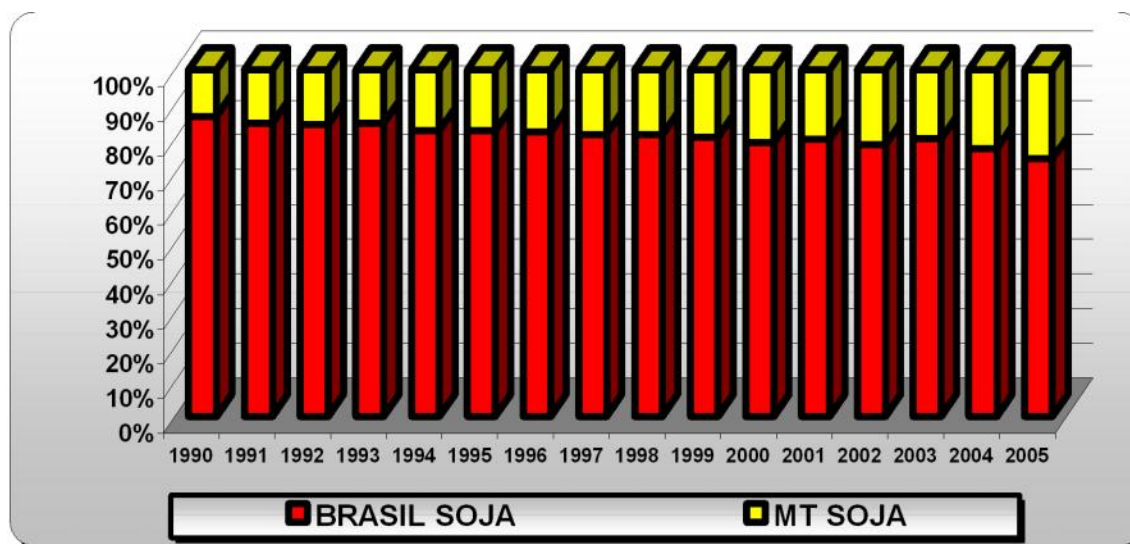


Figura 18 Evolução da Produção da Soja do Mato-Grosso em relação ao Brasil, no período de 1990-2005.

Fonte: IBGE (2006)

Deve-se ressaltar que, de 1995/96 para 2005, a produção de soja no Mato Grosso cresceu em aproximadamente 113% e sua participação sobre a produção nacional passou de 21,7% para 34,7%, ou seja, um acréscimo de 60%, conforme demonstrado anteriormente na Tabela 10. O Estado do Paraná teve uma redução de aproximadamente 47% na produção nacional de soja, passando de 28,04% em 1990 para 19,58% em 2005. O Rio Grande do Sul também obteve uma queda significativa de 147% de participação no mesmo período analisado, passando de 19,72% para 7,98%, enquanto que a redução do Estado do Mato Grosso do Sul foi mais amena, passando de 8,33% para 6,95% de participação conforme demonstrado no Gráfico X.

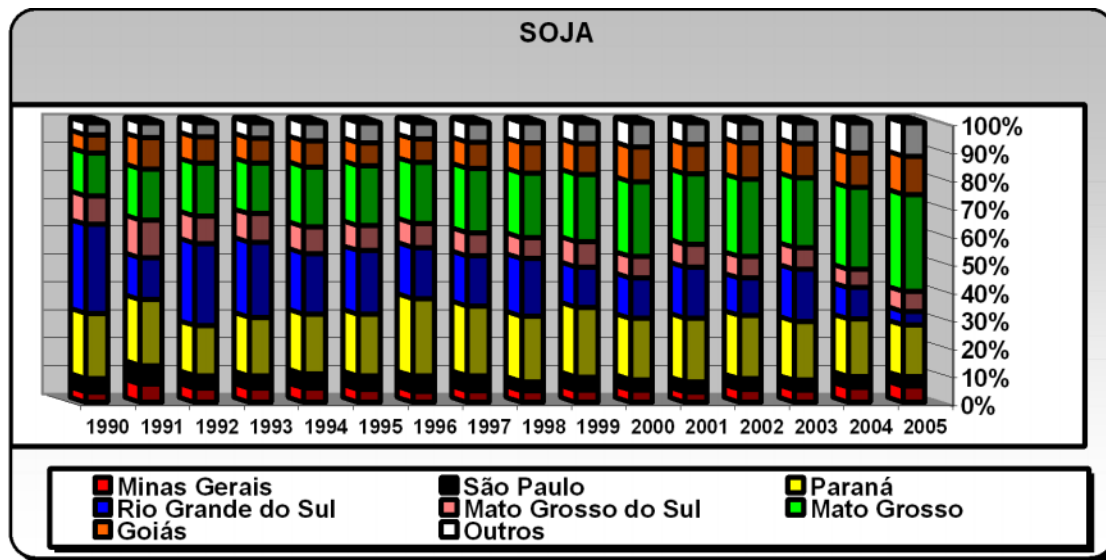


Figura 19 Evolução da Participação da Soja nos Principais Estados Produtores do Brasil, no período de 1990-2005.

Fonte: IBGE (2006)

Além de verificar a evolução da produção e da área cultivada das principais culturas do Estado do Mato Grosso, tornou-se também pertinente comparar a participação do Mato Grosso sobre a produção nacional e a participação de outros Estados como Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Goiás e outros na produção nacional de algumas culturas tais quais milho, soja, algodão e arroz, como forma comparativa de análise de expansão e declínio,

conforme apresentado nas Tabelas 11 e 12 e nas figuras 20, 21 e 22 posteriormente.

Tabela 11 Participação dos Estados na Produção das Principais Culturas do Brasil  
(em %) 1995/96

	<b>Algodão</b>	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>
Mato Grosso	5,71	7,32	4,74	21,70
Minas Gerais	5,73	4,55	12,00	4,01
São Paulo	18,54	2,39	10,70	3,94
Paraná	32,85	2,10	25,86	28,04
Rio Grande do Sul	0,00	47,61	11,31	19,72
Mato Grosso do Sul	9,42	2,53	5,21	8,33
Goiás	17,96	2,50	11,65	9,09
Outros	9,79	31,00	18,53	5,17

Fonte: IBGE (1995/1996)

Tabela 12: Participação dos Estados na Produção das Principais Culturas do Brasil  
(em %) 2004/05.

	<b>Algodão</b>	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>
Mato Grosso	47,75	16,77	9,04	32
Minas Gerais	3,86	1,74	16,01	5,55
São Paulo	6,11	0,71	11,39	3,53
Paraná	2,26	1,20	25,29	19,58
Rio Grande do Sul	0,00	47,00	6,15	7,98
Mato Grosso do Sul	4,86	1,76	4,68	6,95
Goiás	12,07	2,81	8,28	12,97
Outros	23,08	28,01	19,16	11,44

Fonte: IBGE (2004/2005)

O Estado do Mato-Grosso, no que se refere a produção do algodão passou, no período de 1995 a 2005, de uma participação porcentual de 5,71% do Brasil para 47,75%, ou seja, um aumento significativo de aproximadamente 736% em apenas 10 anos, com participação de quase metade de toda produção nacional de algodão como pode ser visualizado na Figura 20. Nesse mesmo período, o Estado de São

Paulo teve uma redução em sua participação de 203%, passando de 18,54% para 6,11%. Já o Estado do Paraná teve uma queda brusca de 1.350%, saindo de uma participação de 32,85% de toda produção nacional e caindo para 2,26%. Os Estados do Mato Grosso do Sul e Goiás também tiveram pequenas quedas percentuais.

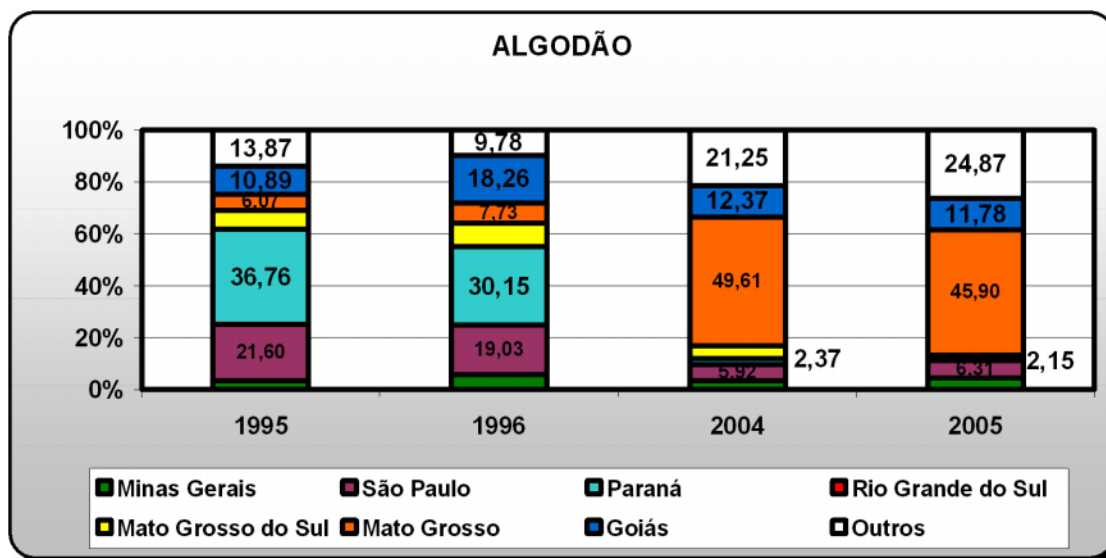


Figura 20 Evolução da Participação do Algodão nos Principais Estados Produtores do Brasil, no período de 1995-2005.

Fonte: IBGE (2006)

Com relação a cultura do arroz, no período de 1995 a 2005, o Estado do Mato Grosso obteve um crescimento significativo da participação nacional superior a 100%, passando de 7,32% para 16,77% enquanto a maioria dos outros Estados produtores brasileiros tiveram grandes reduções de participação conforme Figura 21. No Estado de Minas Gerais a redução foi de 160%, passando de uma pequena participação de 4,55% para uma menor ainda de 1,74%. No Estado de São Paulo, a redução foi de 236% de participação, passando também de uma pequena participação de 2,39% para 0,71% e, no Estado do Mato-Grosso do Sul, essa redução foi de 43%, saindo de uma parcela pequena de 2,53% da produção nacional para uma menor ainda de 1,76%. No entanto, o Estado do Rio Grande do Sul manteve sua participação de aproximadamente 50% da produção nacional durante todo o período analisado juntamente com os outros Estados não destacados.

A cultura do milho apresenta um cenário um pouco diferente dos anteriores, pois os Estados que apresentaram crescimento em participação nacional na produção de milho, praticamente não foram os mesmos das culturas anteriores como pode ser visualizado na Figura 22. O Estado do Paraná, por exemplo, manteve uma participação de 25% da produção nacional durante todo o período analisado de 1990 até 2005. O Estado do Mato Grosso manteve uma margem significativa de crescimento de aproximadamente 100%, passando de uma pequena participação de 4,74% para 9,04% da produção nacional. Já o Estado de Minas Gerais teve um crescimento de 33%, saindo de 12% de participação para 16% enquanto que o Estado de São Paulo se manteve constante durante um grande período, obtendo um pequeno aumento de apenas de 6%, passando de 10,70% em 1990 para 11,39% em 2005.

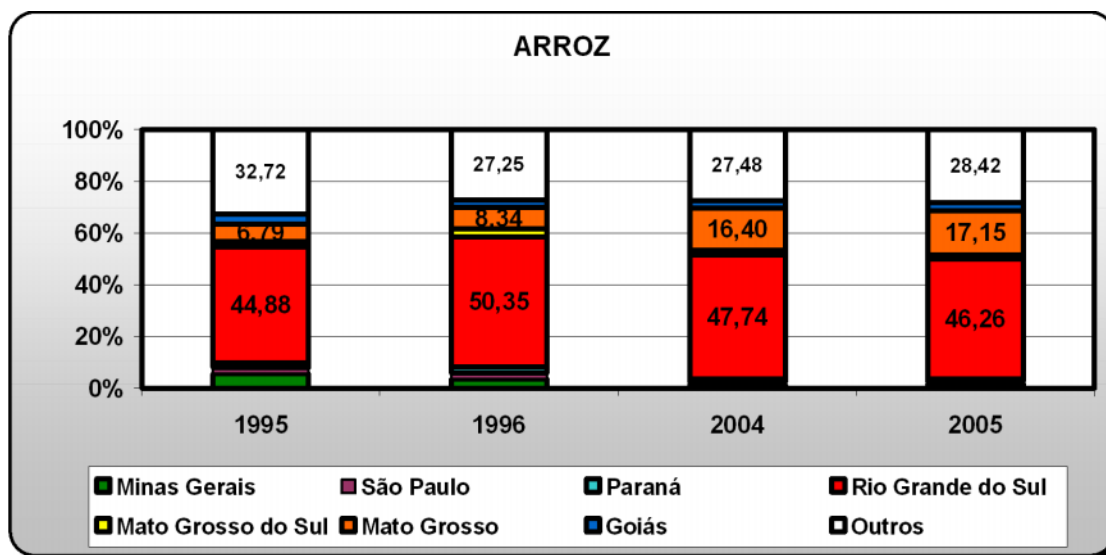


Figura 21 Evolução da Participação do Arroz nos Principais Estados Produtores do Brasil, no período de 1995-2005.

Fonte: IBGE (2006)

O Estado de Goiás, no período de 1990 a 2005, conforme demonstrado na Figura 22 teve uma redução significativa de 40% em relação a sua participação nacional na produção de milho, passando de 11,65% para 8,28%. Com relação ao Estado do Mato Grosso do Sul, a redução foi apenas de 11%, caindo de uma pequena participação de 5,21% para 4,68%. No entanto, o Estado do Rio Grande do Sul teve uma queda significativa de 84%, passando de 11,31% para 6,15% da participação nacional de produção de milho. Isso demonstra, mais especificamente,

que outros Estados não destacados estão aumentando significativamente suas participações nacionais com relação a produção de milho no Brasil, em detrimento desses declínios constantes de produção dos principais Estados destacados desde 1990.

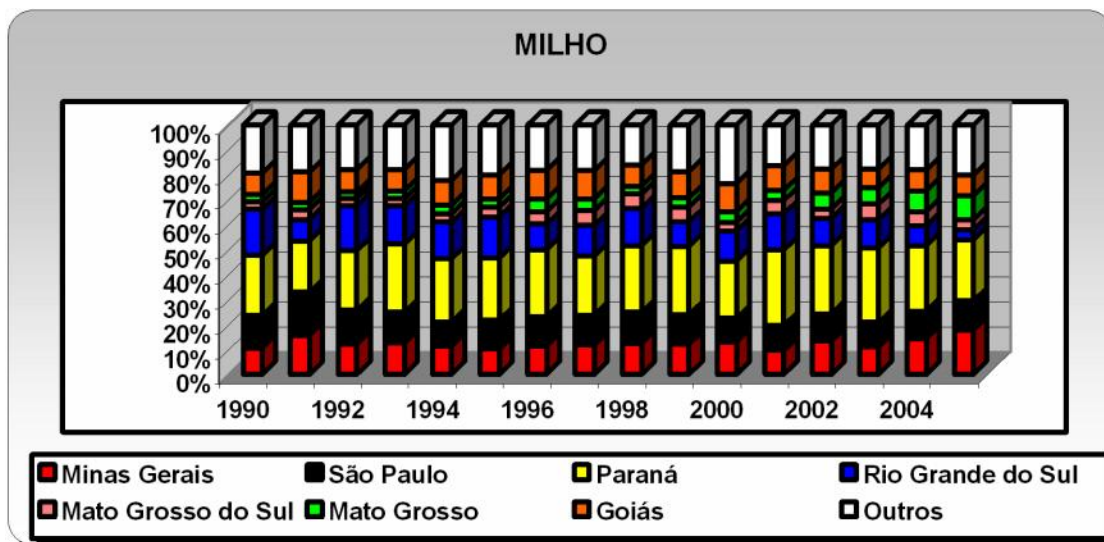


Figura 22 Evolução da Participação do Milho nos Principais Estados Produtores do Brasil, no período de 1990-2005.

Fonte: IBGE (2006)

Com relação à compra dos insumos, a cotação de produtos é muito comum entre os produtores do Mato Grosso. De acordo com De Zen (2002), em uma pesquisa realizada pelo CEPEA-ESALQ/USP, a grande maioria dos produtores faz a cotação e planejamento da compra de insumos, sendo esta última realizada principalmente de forma direta com o fabricante.

No que diz respeito à venda dos produtos, a estrutura comercial do Estado segue algumas características típicas de cada produto. Para o caso da soja, esta tem significativa dependência das grandes *tradings*, como Cargill, ADM e Ceval. Essas empresas recebem o produto de duas formas distintas: a compra, ou a compra antecipada via “CPR de gaveta” que não passam pelo aval do Banco do Brasil. As relações comerciais no mercado de soja são muito pautadas pela dependência que o produtor tem em relação ao crédito de custeio e as empresas

que dominam a aquisição da soja são aquelas que possuem estruturas capazes de financiar os produtores.

O acelerado crescimento da produção no Mato Grosso não permite fazer uma distinção entre a parcela que é entregue à indústria daquela que passa por intermediários. As empresas de menor porte, e algumas cooperativas também, perderam espaço e as estruturas foram arrendadas ou vendidas às grandes empresas. Alguns produtores de grande porte, como os casos específicos dos grupos Maggi e Sachetti, procuram alternativas à comercialização da produção.

O grupo Maggi, por exemplo, investiu em uma rota de escoamento da produção pelos rios Madeira e Amazonas, construindo um terminal portuário próprio e viabilizando uma nova rota de saída e permitindo exportação direta. Já o grupo Sachetti partiu para a comercialização direta dos produtos através de uma corretora própria. O grupo criou uma corretora em Cuiabá e atua na comercialização da própria produção, além da prestação de serviço a terceiros.

O desenvolvimento da agroindústria dentro do Estado, além de trazer novos moradores, fez com que a economia crescesse a um ritmo superior à média do país. Entre 1990 e 1996, o PIB mato-grossense aumentou quase 4% ao ano, de acordo com estatísticas encontradas em Portal Brasil (2003), enquanto que no mesmo período o crescimento do PIB brasileiro foi de 2,8% ao ano, de acordo com estatísticas do IBGE (2003). Um dos motivos é a política de benefícios fiscais adotada pelo Governo Estadual em conjunto com a Sudam. Até 2003, as empresas que pretendiam instalar-se na Região Amazônica pagavam apenas 25% de imposto de renda e o Estado parcelava em até 30 anos o pagamento do ICMS. No setor agrícola, os produtores de algodão têm um desconto de 75% no ICMS desde 1997, o que contribui para que o Mato Grosso se torne líder nacional nesse segmento onde respondia por quase 41% da produção nesse período.

O município Sorriso é o maior produtor estadual e nacional de soja, além de possuir a maior capacidade de armazenamento de grãos do Estado (três milhões de toneladas), segundo a sua Secretaria Municipal de Agricultura. Seu volume de

produção na safra 2001/2002 foi de 2.077.430 toneladas, representando 2,8% da safra anual brasileira da cultura e 18% da safra do Estado, com produtividade média de 3,48t/ha. Dos 890 mil hectares de área total do município, 509 mil são postos a serviço da produção do grão, segundo a prefeitura Municipal e o Sindicato Rural de Sorriso. De acordo com dados do IBGE (2003), a produção de Sorriso é seguida por Campo Novo do Parecis e Sapezal, ambos em Mato Grosso. Juntos, em 2001, plantaram 526.406 hectares e produziram 1.623.031 de toneladas do grão.

Por sua relevância na produção nacional e regional, o segmento da soja responde atualmente por quase metade da produção de grãos do país. Dada a sua grande importância, tanto para a economia do Estado do Mato-Grosso quanto para a do Brasil como um todo, optou-se por enfatizar a cultura da soja, dedicando um item exclusivamente à mesma.

### 3.1.2.3 O Setor Produtivo da Soja no Brasil.

São várias as atividades econômicas que constituem o complexo agroalimentar brasileiro, destacando-se entre elas, o sistema agroindustrial da soja, que por sua vez, sofre forte concorrência mundial, com tendências a se acirrar no próximo decênio.

Lazzarini e Nunes (1998), em sua delimitação analítica do Sistema Agroindustrial (SAG) da soja, enumeraram os segmentos que o constituem, sendo eles:

- Indústria de Insumos Agrícolas: diretamente relacionado com a produção agrícola, este elo é representado por indústrias de fertilizantes, defensivos, máquinas etc.
- Produção Agrícola: representado pelos diversos sistemas de produção;



- **Originadores:** representados geralmente por exportadoras, cooperativas, corretoras e armazenadoras de grãos, que são os agentes que realizam operações de aquisição, armazenagem e distribuição de grãos junto ao produtor;
- **Indústrias esmagadoras, refinadoras e produtoras de derivados de óleo:** o farelo de soja destinado à exportação é transacionado pelas próprias indústrias ou *tradings*, já o farelo de soja para consumo interno é absorvido pela indústria de rações e indústria processadora de soja. Com relação ao óleo, seu processamento é constituído das seguintes etapas: esmagamento, degomagem e refino. O óleo parcialmente refinado, pode ser transformado em produtos mais elaborados e com maior valor agregado. Outros produtos derivados do processamento da soja são transacionados diretamente com outras indústrias;
- **Distribuidores:** representados pelos setores atacadista e varejista, estabelecem o elo entre a indústria e os consumidores finais;
- **Consumidores finais:** representados tanto pelos compradores industriais nas vendas externas efetuadas por *tradings* e indústrias processadoras, quanto consumidores finais de produtos de soja e derivados destinados ao mercado interno.

Como principais produtos desse Sistema Agroindustrial, identificaram-se:

- **Commodities para o mercado externo:** destacando-se o farelo de soja, grãos e os óleos bruto e refinado;
- **Commodities para o mercado interno:** destacando-se a soja em grãos, o farelo destinado para a indústria de rações e os óleos bruto e refinado destinados para a indústria de processamento de alimentos;

- Produtos de maior valor agregado para o mercado interno: destacando-se as margarinas, halvarinas, cremes vegetais, maioneses, molhos prontos etc.
- Outros produtos: destacando-se a lecitina; a soja para alimentação humana, como molhos, bebidas, a farinha de soja; dentre outros.

Segundo Tosto (1996), a soja é considerada a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, produzindo mais proteína por hectare que qualquer outra cultura, sendo atualmente a mais barata fonte de proteína existente. O grande número de estudos em torno dessa leguminosa se deve à sua importância para a economia doméstica e mundial.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 MATERIAL**

Nesta parte são apresentados os elementos contextuais do material utilizado na pesquisa e o método de análise logística das redes de transporte.

#### **4.1.1 Universo da Pesquisa**

A área selecionada para a realização dessa pesquisa foi a porção produtiva de soja da região centro-oeste do Brasil, no Estado do Mato-Grosso (Ver Figura 4), o qual pode-se comparar a um imenso “El dorado Verde” com 204 milhões de hectares (área equivalente a soma dos territórios de Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Espanha, França, Reino Unido, Holanda, Itália e Suíça).

A localização do Estado do Mato Grosso fica no oeste da região centro-oeste, cujas divisas ao norte são Amazonas e Pará; ao sul fica o Estado do Mato-Grosso do Sul; a oeste o Estado de Rondônia e a Bolívia e a leste os Estados do Tocantins e Goiás. Segundo o IBGE (2005), sua área em Km<sup>2</sup> é de 906.806,90, participando com 55,91% da área da região centro-oeste (1.621.904,668 Km<sup>2</sup>) e 10,5% do território nacional, sendo Cuiabá a capital do Estado. Subdivide-se o Estado, atualmente, em 142 municípios. Agrupam-se os municípios em cinco mesoregiões e 22 microregiões homogêneas para fins estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, seu relevo é definido como de planaltos e chapadas no centro, planície com pântanos a oeste e depressões e planaltos residuais a norte.

Seus principais rios são: Juruena, Teles Pires, Xingu, Araguaia, Paraguai, Piqueri, Cuiabá e São Lourenço das Mortes. Possui uma vegetação de cerrado na metade leste, Floresta Amazônica a norte e Pantanal a oeste. Também, possui um clima tropical a maior parte do ano e uma população de aproximadamente 2.504.253, cujo as cidades mais populosas são: Cuiabá, Várzea Grande, Rondonópolis, Cáceres e Barra do Garça.



Figura 23 Estado do Mato Grosso

Sua economia se baseia na indústria extrativista (madeira, borracha); na agricultura (cana-de-açúcar, soja, arroz, milho); na pecuária e criações; na mineração (calcário e ouro); e na indústria (metalúrgica e alimentícia).

Dados do GEIPOT (2000) demonstram que nesse Estado predomina a modalidade de transporte rodoviário, havendo 84.195 km de rodovias, dos quais, 3.952 km são federais, 20.243 km são estaduais e 60.000 km são municipais. Deste total, apenas 4.500 km são pavimentados, sendo que 2.711 km (60%) são de jurisdição federal. As principais rodovias foram criadas na década de 1960 a 1980, visando a integração nacional, como é o caso da BR 163 (Cuiabá-Santarém), BR 364 (Cuiabá- Porto Velho e Cuiabá-Campo Grande). O sistema rodoviário total no Estado do Mato-Grosso em 2000, era de 91.155,8 Km. Tal sistema é composto por rodovias principais (federais e estaduais), pavimentadas, não pavimentadas, em pavimentação, em implantação e planejadas que promovem a interligação entre municípios e as ligações de média e longa distâncias e rodovias secundárias (municipais-locais), que permitem a integração de áreas de produção com a rede principal.

O sistema ferroviário no Estado, conta com um trecho de Alto Taquari (MT)-Inocência (MS) com 300 km, totalizando 410 Km de Alto Taquari à Aparecida do Taboado (MS). No entanto, o Estado foi contemplado no projeto de ferrovia já iniciado e concedido à empresa FERRONORTE (Ferrovias Norte Brasil S/A) com extensão de 5.228 km. O sistema hidroviário completa a infra-estrutura de transporte do Estado, esse restringe-se aos rios Paraguai, Araguaia e Teles Pires, correspondendo à hidrovia Panará-Paraguai, hidrovia Araguaia-Tocantins e hidrovia Teles Pires-Tapajós, respectivamente.

Atualmente, no que se refere ao desenvolvimento econômico da região, existem apenas 03 milhões de hectares plantados de soja no cerrado e 40 milhões prontos para o plantio, totalizando juntamente com pastagens cultivadas, plantações de frutas e reservas florestais 61 milhões de hectares, ou seja, um terço do cerrado disponível responde por grande parte dos grãos do país (FIGUEIREDO, 2002; AGROANALYSIS, 2002).

O Agronegócio da Soja no Brasil representa hoje, segundo dados do IBGE (2005), 47.859 milhões de toneladas de produção de soja como média dos anos de 2002, 2003 e 2004. Nessa mesma proporção, o centro-oeste brasileiro representa 47% da produção nacional com 22.662 milhões aproximadamente, chegando ao Estado de Mato Grosso, que sozinho, representa 58% da produção do centro-oeste e aproximadamente 28% da produção nacional com 13.056 milhões de toneladas de produção no mesmo período analisado. Em relação a produtividade, a média brasileira de produção de soja é de 2.173 mil kg/ha e a média do Estado do Mato Grosso gira em torno de 2.810 kg/ha, enquanto que no Estado do Paraná, segundo maior produtor do Brasil, é de 2.300 kg/ha (EMBRAPA, 2005). O que torna de suma importância uma análise detalhada desse setor no Estado.

#### **4.1.2 Área de Estudo**

Vale ressaltar a importância da localização do Estado do Mato Grosso, no que se refere às vantagens comparativas, com relação ao solo propício para o cultivo da soja, mão-de-obra em abundância, o que diminui o custo de produção, clima favorável a maior parte do ano e condições para o escoamento do grão próximas aos grandes portos de exportação como Santos e Paranaguá e, alguns portos alternativos como Santarém, Itacoatiara, Itaqui e Rio Grande.

A cultura da soja no Estado é cultivada por várias regiões produtoras de forma bem pulverizada; no entanto, existem 14 pólos (cidades) que representam mais de 60% da produção do Mato-Grosso e que compõem a área de estudo proposta nessa dissertação: Sinop, Sorriso, Nova Ubiratã, Campo Verde, Diamantino, Primavera do Leste, Nova Mutum, Lucas do Rio Verde, Campo Novo do Parecis, Tapurah, Sapezal, Alto Taquari, Alta Floresta e Rondonópolis. Ver Figura 23. Tais cidades possuem uma produção equivalente a 8.146.767 milhões de toneladas de soja em uma média referente ao período de 2002, 2003 e 2004 e utilizam modais de transportes variados, como o rodoviário e o ferroviário, para o escoamento de sua produção destinada aos principais portos brasileiros de exportação a partir do centro-oeste: Paranaguá, Santos, Itaqui, Santarém, Rio

Grande e Itacoatiara. Ver os principais portos na Figura 24 e os portos alternativos na Figura 25.

#### 4.1.3 A Coleta de Dados

O método é composto de alguns procedimentos básicos: coleta de dados; premissas básicas de modelagem, processamento dos dados e verificação dos resultados.

##### a ) Coleta de Dados

Serão consultados dados secundários obtidos através de *sites* específicos de agronegócio ou de dados estatísticos, com base em 2005: Sistema de Informações de Fretes – SIFRECA; Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes – GEIPOT; *United States Department of Agriculture* – USDA; Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental – AHIMOR; Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA; Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC; Instituto Mato-grossense de Economia Agrícola – IMEA; Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEADATA; Instituto de Economia Agrícola – IEA; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA; Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte – DNIT, dentre outros. Além de revistas direcionadas ao assunto pesquisado ou similar como *Agroanalysis*, por exemplo, e todas as demais destinadas a este segmento de pesquisa, como também, haverá pesquisa bibliográfica em livros específicos relacionados ao desenvolvimento regional e às teorias econômicas utilizadas nesse estudo e, por fim, em todos os periódicos disponíveis sobre o assunto. Como alternativa, também, pretende-se obter informações com associações, empresas e especialistas atuantes no setor.

Tais informações irão subsidiar o emprego do modelo matemático que proporcionará a busca do resultado ótimo do arranjo de variáveis quantitativas, porém, condicionadas por um contexto econômico permeado de um conjunto híbrido

de variáveis quantitativas e qualitativas diante de um cenário de desenvolvimento econômico.

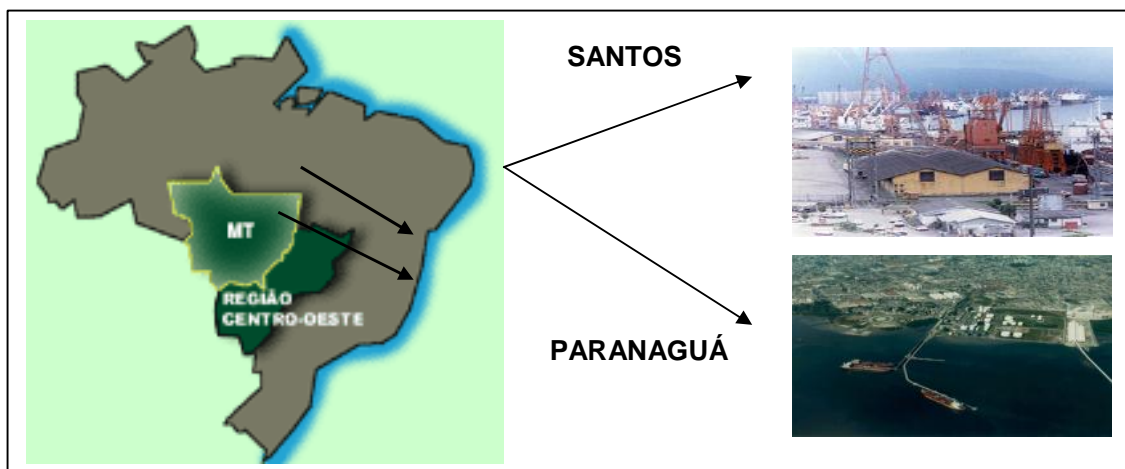


Figura 24 Principais Portos de Destino da Soja do Mato-Grosso

A opção de modelagem matemática é a utilização do modelo de programação linear (PL) de custo mínimo, na qual a PL é uma técnica de otimização, cujo objetivo, nesse caso, é encontrar o menor custo de transporte das quantidades de soja produzidas entre as principais cidades do Mato Grosso e os Portos de escoamento desses grãos presentes nas configurações de redes de transportes dos cenários propostos.

#### b ) Premissas de Modelagem

Para aplicação do modelo, considerando suas restrições, algumas premissas básicas foram consideradas:

i) A localização de cada uma das cidades produtoras do Mato Grosso, apresentadas no modelo deve ser representada por um nó e as rotas por arcos;

ii) As origens e os destinos serão definidos previamente, ou seja, tais variáveis são exógenas ao modelo;



iii) As capacidades das rotas alternativas de transporte não foram consideradas, uma vez que não se vislumbram em horizonte de médio e longo prazo extrapolação de capacidade modal;

iv) O preço do frete foi fornecido em R\$/ton, não havendo influência do estado de conservação viária.

v) O custo do transbordo não foi considerado diretamente no modelo de fluxo de rede, ou seja, a alternativa multimodal rodoviária-hidroviária-ferroviária apresentará dois transbordos; por outro lado, a rodoviária-ferroviária apresentará apenas um transbordo, sendo considerada a distância total nos dois casos e o frete referente ao custo total em R\$/ton. Assim, no modelo, o custo do transbordo estará incluso no valor do frete final. Os custos de carregamento e descarregamento não serão considerados por incidirem igualmente sobre todas as rotas.

vii) Apenas os custos diretos de movimentação de uma mercadoria, irão determinar níveis de referência (em termos de preços de fretes) que poderão balizar a decisão do usuário na escolha da rota, além de permitir avaliar se a diferença entre rotas distintas seria suficiente para cobrir os custos diretos e ainda oferecer uma economia em relação à alternativa concorrente.

#### c ) Processamento dos Dados

Os dados foram processados com o auxílio do *software Solver* (do programa *Excel*), como suporte na resolução do modelo de programação linear de custo mínimo. Os dados iniciais do modelo serão *inputs* do processo, e os dados gerados pelo programa – após aplicação do modelo de programação linear de custo mínimo – serão os *outputs*. Dessa forma, os resultados serão apresentados e analisados.

#### d ) Verificação de Resultados

Foram gerados os resultados para cada cenário projetado. Sendo, dessa forma, definidas quais seriam as melhores alternativas de transportes a partir dos pólos produtores (origens) até os locais de destino visualizando, inclusive, quais as

quantidades ótimas a serem transportadas por cada alternativa como forma de reduzir os custos com transporte na região. Além disso, diante das constatações de carregamento das redes, seriam apontados os aspectos críticos a serem superados para viabilizar o processo.

#### e ) Aspectos Éticos

Não serão realizadas entrevistas com seres humanos, uma vez que serão utilizados dados secundários e consultados especialistas na área, sem caráter invasivo, apenas para obter informações de conhecimento público. Logo, a análise ética pertinente a resolução 196/96 CNS (Conselho Nacional de Saúde), que trata de ética em pesquisa com seres humanos, não se aplica ao trabalho.

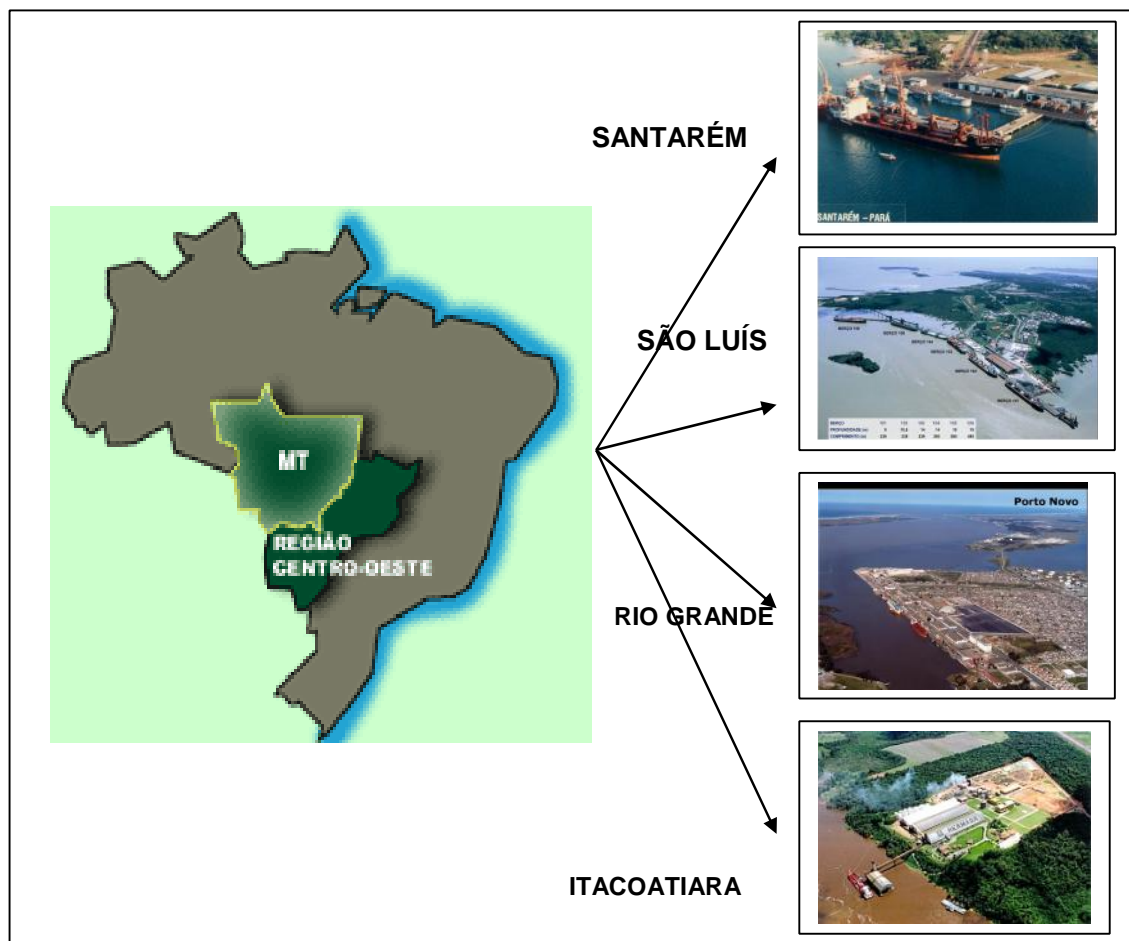


Figura 25 Principais Portos Alternativos para o Destino da Soja do Mato-Grosso

## 4.2 MÉTODO

### 4.2.1 Modelo Conceitual

Foi utilizado o estudo do modelo do “Diamante” desenvolvido por Porter no ano de 1989, baseado nos determinantes: condições de fatores, condições de demanda, indústrias correlatas e estratégia, estrutura e rivalidade das empresas. Como instrumento subjetivo para respaldar as análises quantitativas a partir do modelo de programação linear utilizado para demonstrar as melhores rotas alternativas para o escoamento da produção de soja do Mato Grosso e, conseqüentemente, a minimização dos custos totais e o aumento da competitividade do Estado a nível internacional.

Hadley (1963) afirma que na prática, a programação linear tem tido particular significância na sua aplicação em problemas envolvendo transporte. Um típico problema de transporte pode ser descrito como segue: Dados montantes de um produto uniforme são disponíveis em números diferentes de origens (ex. armazéns). Deseja-se mandar montantes específicos de produtos para números diferentes de destinos (ex. armazéns varejistas). O custo de embarcar uma quantia de unidade de qualquer origem para qualquer destino é conhecido. Assumindo que é possível embarcar de qualquer armazém de origem para qualquer armazém de destino, tem-se o interesse em determinar o custo mínimo da rota do armazém de origem para o de destino.

Supõe-se que existem  $m$  armazéns de origem e  $n$  armazéns de destino,  $x_{ij}$  é o número de unidades embarcado da origem  $i$  para o destino  $j$ . Para um dado  $i$  (armazém de origem), existem  $n$  possíveis valores  $j$  (armazéns de destino para os quais cada unidade pode ser embarcada). Doravante tem-se um total de  $mn$  referente  $x_{ij}$ . Como montantes negativos não podem ser embarcados, deve-se ter  $x_{ij} \geq 0$  para todos  $i, j$ .

#### 4.2.1.1 Formulação do Modelo

Deixando  $a_i$  ser o número de unidades do produto disponível na origem  $i$  e  $b_j$  o número de unidades requeridas no destino  $j$ . Não se pode embarcar mais mercadoria de cada origem do que se tem disponível naquela origem. Somando todos os destinos, tem-se:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} \leq a_i \quad i = 1, \dots, m \quad (1-10)$$

Existem  $m$  restrições, uma para cada origem. Deve-se suprir cada destino com o número de unidades desejada, assim

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = x_{1j} + \dots + x_{mj} = b_j, \quad j = 1, \dots, n \quad (1-11)$$

O montante total recebido em qualquer destino é a soma de todos os montantes recebidos em cada origem. A necessidade do armazém de destino pode ser suprida se e apenas se:

$$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j. \quad (1-12)$$

Se  $c_{ij}$  é o custo de embarque de uma unidade partindo da origem  $i$  para o destino  $j$ , o custo total de embarque é:

$$z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij} x_{ij}$$

$$= (C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{1n}X_{1n}) + (C_{21}X_{21} + \dots + C_{2n}X_{2n}) + \dots + (C_{m1}X_{m1} + \dots + C_{mn}X_{mn})$$

(1-13)

O primeiro termo à direita de (1-13) é o custo de embarque da origem 1, o segundo é o custo de embarque da origem 2 etc. Deseja-se encontrar  $x_{ij} \geq 0$  que satisfaça as restrições (1-10), (1-11) e minimize (1-13).

Pode-se agora sumarizar o problema de transporte como se segue:  
Encontrar  $x_{ij} \geq 0$  que minimize:

$$z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij}x_{ij} \quad (1-14)$$

Submetendo a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m$$

(1-15)

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n$$

Esse é um problema de programação linear em variáveis  $mn$  com restrições  $m + n$ .

Será observado que as restrições em um programa de transporte têm uma forma particular. Todos os coeficientes *nonzero* de  $x_{ij}$  são únicos. Além do mais, qualquer  $x_{ij}$  aparece em duas, e apenas em duas, das restrições. Devido a essas propriedades especiais das restrições, um problema de transporte pode ser resolvido muito mais facilmente que um problema geral de programação de tamanho equivalente. Historicamente, essa simplificação tornou possível resolver problemas de transporte antes de ser possível resolver problemas gerais de programação linear.

#### 4.2.1.2 Restrições Operacionais

Uma vez estudados os modelos de programação linear convém fazer uma ressalva sobre as suas hipóteses e limitações.

##### a) Coeficientes Constantes:

Nos modelos de programação linear os coeficientes  $a_{ij}$ ,  $b_i$  e  $c_j$  são considerados como constantes conhecidas. Na realidade, esses valores podem não ser constantes e sim variáveis.

A análise de sensibilidade do modelo permite fornecer os intervalos desses coeficientes, para os quais a solução ótima continua a mesma.

##### b) Divisibilidade:

As soluções ótimas dos modelos de programação linear poderão apresentar valores fracionários para qualquer uma de suas variáveis. Assim, por exemplo, se uma variável representar o número de cadeiras a serem produzidas por uma empresa, ela poderia tomar um valor fracionário na solução ótima, o que não é nada desejável. O arredondamento de valores fracionários para valores inteiros mais próximos pode conduzir a erros bastante grosseiros.

Quando as variáveis do modelo de programação linear só puderem tomar valores inteiros, devem-se impor essas condições no próprio modelo. Passa-se então a lidar com um modelo de programação linear inteira.

##### c) Proporcionalidade:

Nos modelos de programação linear assume-se, por exemplo, que o lucro de cada atividade é proporcional ao nível de produção  $x_j$ , sendo o lucro unitário  $c_j$  o coeficiente de proporcionalidade. Essa hipótese diz que o lucro unitário  $c_i$  independe do nível de produção  $x_j$  e não considera a chamada economia de escala, não sendo

válida na maioria dos problemas reais. Para atenuá-la pode-se considerar intervalos de produção nos quais essa proporcionalidade é, aproximadamente, verificada.

Para o caso dos coeficientes  $a_{ij}$  também se assume que eles são independentes do nível de produção  $x_j$ , qualquer que seja o recurso  $i$ .

d) Aditividade:

A condição de aditividade, existente em todos os modelos de programação linear, consiste em considerar as atividades do modelo como entidades totalmente independentes, não permitindo que haja interdependência entre as mesmas.

Assim, por exemplo, o lucro total de uma empresa será sempre igual a soma dos lucros obtidos em cada uma das atividades. Para mostrar que isso nem sempre é verdade considere-se uma empresa que deseja produzir dois produtos, bastante similares, como, por exemplo, manteiga e margarina. Se tal empresa produzir apenas manteiga, o seu lucro será  $c_1x_1$ , sendo  $c_1$  o lucro unitário da manteiga e  $x_1$  o seu nível de produção. Se a mesma empresa produzir apenas margarina, o seu lucro será  $c_2x_2$ , sendo  $c_2$  o lucro unitário da margarina e  $x_2$  o seu nível de produção. Caso a empresa resolva produzir tanto manteiga quanto margarina e colocar no mercado os dois produtos, o modelo de programação linear garante que o lucro total desses dois produtos seja igual a  $c_1x_1+c_2x_2$ . O que não foi levado em consideração é que os valores de  $c_1$  e  $c_2$  não deverão ser iguais aos anteriores, pois é possível que o preço de venda da margarina interfira no preço de venda da manteiga, desde que tais produtos sejam competitivos.

Raciocínio análogo pode ser feito para o caso dos coeficientes  $a_{ij}$  do modelo de programação linear.

Apesar de todas essas limitações, a programação linear ainda é a ferramenta mais utilizada na resolução de problemas reais que envolvam formulação de modelos matemáticos. Convém ressaltar que os problemas reais, na maioria das

vezes, terão de ser solucionados mediante o uso de computadores eletrônicos, pois o número de equações e variáveis, normalmente, impossibilita os cálculos manuais.

A programação não pode ajudar o gerente na difícil tarefa de formular expectativas de preço. O processo pode apenas indicar a melhor maneira de usar os recursos uma vez que um julgamento foi feito com preços futuros. Sérios erros na estimativa de preços, especialmente preços relativos, levarão a resultados pobres em qualquer tipo de planejamento.

A programação oferece ajuda pequena em calcular relações entrada-produto. O método pode apenas especificar o tipo e a quantidade de dados necessários. O planejador deve fornecer estimativas de quantidade e distribuição de trabalho, alimentação, terra e capital necessário para produzir.

Algumas vezes, restrições são difíceis de especificar. Tipicamente, um planejamento tem visão adiante de pelo menos um ano. Isso pode dificultar para saber quanto de trabalho estará disponível durante o próximo verão; a oferta de trabalhadores pode ser imprevisível e incerta.

Atividades que envolvem redução de custos não podem ser tratadas adequadamente com os presentes métodos de programação.

#### **4.2.2 Instrumental Analítico**

O método dedutivo, que também respaldou a pesquisa, parte das teorias gerais para respaldar as evidências de fenômenos particulares. É típico de pesquisas que utilizam modelos de programação linear; econométricos e comparativos, para testar a adequação de modelos teóricos gerais a casos específicos. Esse é o caso de utilizar os dados quantitativos da pesquisa operacional, através das diversas fontes, destacadas anteriormente no universo da pesquisa, como instrumental analítico dos modelos de programação linear propostos nesse trabalho.



Para delinear as melhores rotas, menores fretes e distâncias, e o modal de transporte mais adequado para o escoamento dos grãos do Estado de Mato Grosso, utilizou-se, após a obtenção dos dados quantitativos e estatísticos, uma análise detalhada, a partir de resultados projetados pelo programa *Lindo*, de programação linear, de cenários de desenvolvimento propostos para identificar as possíveis variações do modelo, sob condições adversas, entre escolhas das principais alternativas de transportes existentes e as pretendidas, como forma de demonstrar a possibilidade real de minimização de custos no escoamento dos grãos do Estado do Mato-Grosso.

A viabilização econômica da rodovia BR 163 (Cuiabá-Santarém) também vai ser demonstrada através de comparações de custos e distâncias proporcionais, atualmente usadas para o escoamento de grãos, como os principais portos de exportação Santos e Paranaguá e os portos alternativos, inclusive Santarém. Como perspectivas concretas de aumento de competitividade da soja no mercado internacional de grãos mesmo concorrendo com países que subsidiam a produção para obterem preços de *commodities* competitivos como os EUA.

Crowley (1970) afirma que o principal problema resolvido pelo modelo de transporte é a obtenção da combinação de menor custo para a movimentação de produtos de várias localidades de produção para outros pontos de demanda. As condições usualmente estipuladas são que certos níveis de demanda devem ser encontrados e que existe um limite físico na quantia que pode ser produzida em cada localidade de produção. Outro critério pode incluir diferentes custos de produção e diferentes preços de demanda nos vários pontos de demanda. Assim, torna-se necessário uma formulação básica de um modelo de Programação Linear a ser utilizado nessa dissertação.

#### 4.2.2.1 Formulação do Modelo Instrumental

O modelo de Programação Linear de minimização de custos para um primeiro Cenário foi expresso por:

$$\text{Minimizar } \textit{Frete} = \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^2 C_{ij} \times K_{ij}$$

Sujeito a:

$$\text{a) Produção: } \sum_{j=1}^2 K_{ij} = \textit{Prod}_i \text{ p/ } i = 1, 2, \dots, 14.$$

$$\text{b) Portos: } \sum_{j=1}^{14} K_{ij} \leq \textit{Cap}_j \text{ p/ } j = 1, 2.$$

$$\text{c) Não – Negatividade: } K_{ij} \geq 0$$

Onde:

Prod. é a produção das cidades de origem;

Cap. é a capacidade dos portos;

Kij é a quantidade a ser transportada do nó i (origem) para o nó j (destino).

• Detalhando, tem-se:

$$\text{a) Quando } i = 1 \Rightarrow \sum_{j=1}^2 K_{1j} = \textit{Prod}_1, \text{ ou seja, } (K_{11} + K_{12} = \textit{Prod}_1)$$

$$\text{b) Quando } j = 1 \Rightarrow \sum_{i=1}^{14} K_{i1} \leq \textit{Cap}_1, \text{ ou seja, } (K_{11} + K_{21} + K_{31} + \dots + K_{14,1} \leq \textit{Cap}_1)$$

$$\text{c) Custo Total } \Rightarrow \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^2 C_{ij} \times K_{ij}, \text{ ou seja, } (C_{11} \times K_{11} + C_{12} \times K_{12}) = C_{11} \times K_{11} + C_{12} \times K_{12} + \dots + C_{14,1} \times K_{14,1} + C_{14,2} \times K_{14,2}.$$

#### 4.2.2.2 Restrições do Modelo

Para a possibilidade de utilização de um modelo de programação linear de minimização de custos, no que se refere ao escoamento dos grãos a partir do Estado do Mato Grosso até os principais portos brasileiros: Santos e Paranaguá, julgou-se necessário a demonstração, através de um primeiro cenário, da viabilização do modelo utilizado nessa dissertação. Logo, para a área em questão foi selecionada uma sub-área de estudo como amostra da realidade a ser trabalhada nos demais cenários projetados nessa pesquisa e, diante do cenário atual foi operacionalizada uma análise preliminar sob os seguintes dados de entrada (IBGE, 2005):

- A Produção de Soja do Brasil está em torno de 47.859 milhões de toneladas em média entre os anos de 2002, 2003 e 2004;
- O centro-oeste brasileiro possui atualmente uma produção de 47% da produção nacional, aproximadamente 22.262 milhões de toneladas;
- O Estado do Mato-Grosso é o principal produtor de soja do centro-oeste com 58% de produção, aproximadamente, 13.056 milhões de toneladas;
- A área plantada de soja é de 3 milhões de hectares no cerrado e 40 milhões prontos para o plantio. A produtividade do Estado do Mato Grosso está acima da produtividade nacional, com 2.810 mil kg/ha, enquanto que a média do Brasil é de 2.173 kg/ha (EMBRAPA, 2005).
- Condições climáticas e locais favoráveis para o plantio da soja e com índices de produtividades acima da média nacional e perspectivas de expansão;
- Apenas 14 cidades do Estado do Mato-Grosso representam mais de 60% da produção do Estado e os principais portos utilizados para o transporte da soja do centro-oeste são Santos e Paranaguá.

#### a ) Sub-Área de Estudo

Cada par de origem/destino foi tratado como um desejo de viagem e nesse primeiro teste no cenário 1 base foram obtidos 28 pares OxD (14 pólos produtores/origem para 02 portos/destino) cujas cidades podem ser vistas na Figura 23: Sinop, Sorriso, Campo Verde, Nova Ubiratã, Diamantino, Primavera do Leste, Nova Mutum, Lucas do Rio Verde, Campo Novo do Parecis, Tapurah, Sapezal, Alto Taquari, Alta Floresta e Rondonópolis. Os portos atuais com possibilidade de escoamento de soja são: Santos e Paranaguá, tendo-se no aspecto macro geográfico para o conjunto de pares OxD o estabelecimento de duas rotas, conforme a Figura 27: conjunto de origens sentido Santos e conjunto de origens sentido Paranaguá.

No primeiro cenário utilizou-se o cenário atual de desenvolvimento do mercado, não havendo prospecção de dados. Diante do quadro apresentado, foi utilizado um modelo de programação linear de custo mínimo para demonstrar qual seria a melhor alternativa de transporte de soja dos pólos produtores do Mato-Grosso até os portos de Santos e Paranaguá.

Calculou-se, então, o custo mínimo total a partir dos valores dos fretes obtidos para cada cidade e das restrições de capacidade portuária entre os pares OxD (Origem/Destino), tendo como base a média histórica de exportação entre os anos de 2000 e 2004. Também, foram obtidas as quantidades médias de produção de soja, entre as rotas destacadas. A produção foi equivalente a 8.146.767 milhões de toneladas de soja (IBGE, 2005).

#### **4.2.3 Fluxograma Operacional**

Na Figura 26 tem-se o fluxograma de atividades previstas na análise matemática dos fluxos nas rotas sob estudo: entre as origens e destinos – OxD. Vale ressaltar, que a operação computacional é feita condicionada a um cenário de desenvolvimento econômico nacional que, por sua vez, estará sob influência de

determinantes do mercado mundial, afetando o padrão de desenvolvimento regional da área sob estudo.

O Fluxograma operacional, demonstrado na Figura 26, tem início a partir de um dado Cenário de Desenvolvimento (i) – CDI, em função dele, deve-se selecionar os possíveis pares de Origem (O) e Destino (D) idealizados para a preparação das variáveis de entrada (*Input*) do modelo. Dentre elas, seleciona-se, primeiramente, todos os possíveis fretes propostos entre OxD e, em seguida, todas as capacidades de produção das cidades de Origem (pólos produtores) e todas as capacidades de exportação dos portos (Destinos) selecionados.

Assim, a formulação do modelo, em forma de Função Objetivo, já pode ser representada pela equação:  $Frete = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Cij \times Kij$ . Em seguida, os resultados podem ser gerados à partir de um *software* como o *Lindo*, utilizado nessa dissertação, para uma operação de programação linear de minimização de custos e, após uma breve verificação de resultados satisfatórios gerados pelos relatórios de sensibilidade do programa, tem-se o resultado do Custo Mínimo Total ( $C_{min}$ ) de determinado cenário proposto em forma de saída (*output*).

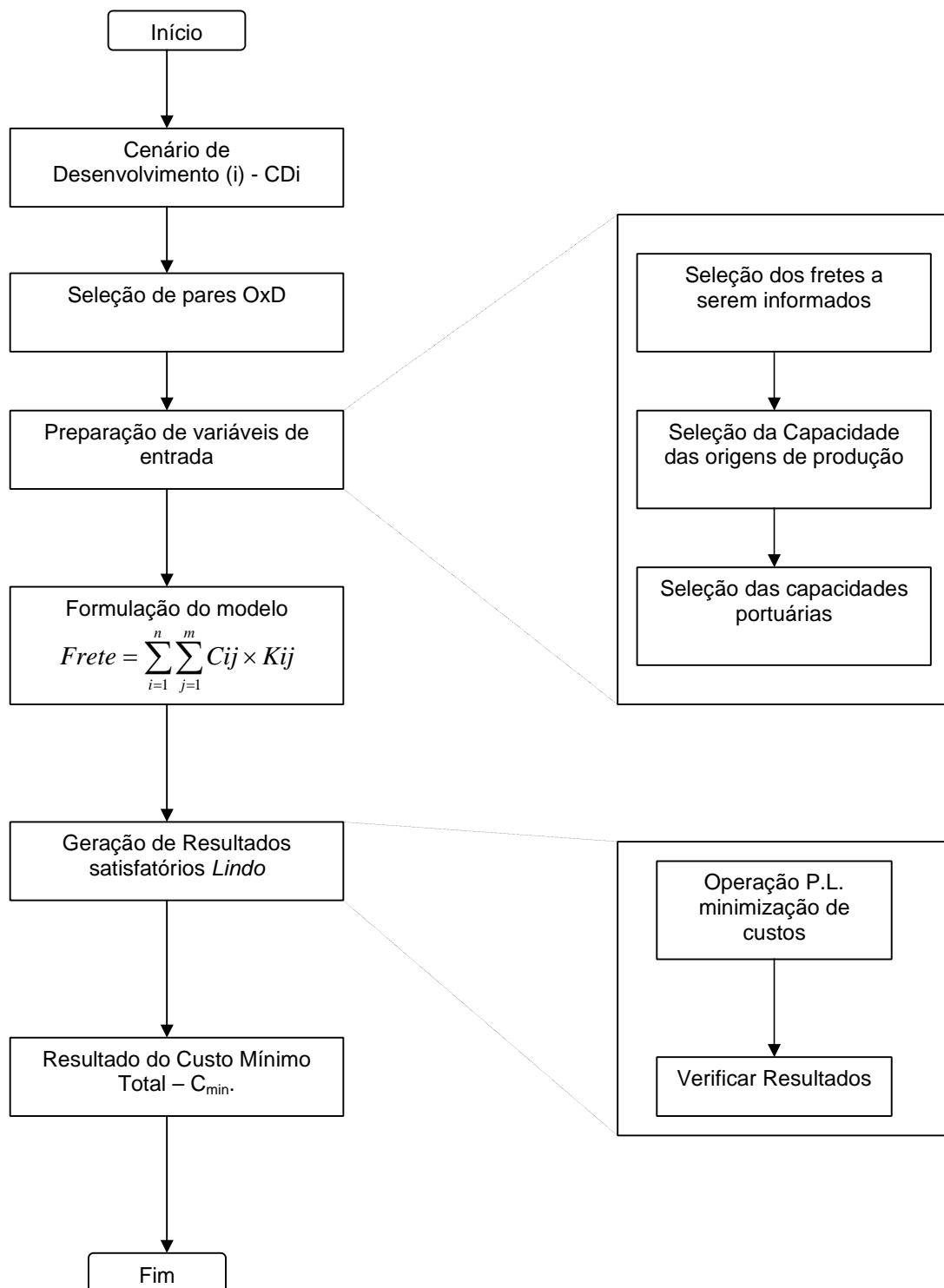


Figura 26 Fluxograma do Modelo Matemático Utilizando Programação Linear – P.L.

## 5 RESULTADOS

Os resultados obtidos por esse trabalho são apresentados em figuras e tabelas. As análises serão realizadas considerando o Centro-Oeste, o Estado do Mato Grosso e, mais especificamente, os 14 pólos produtores de soja do Estado que produzem mais que 60% da produção total do Mato Grosso. Além disso, por se tratar de cenários atuais e futuros, algumas simulações, utilizando o *software Lindo*, foram realizadas a partir da variação de parâmetros que podem, eventualmente, se alterar ao longo do tempo, como valores de fretes e capacidades portuárias.

### 5.1 APLICAÇÃO DO MODELO

Para aplicação do modelo e elaboração das análises, foi considerado um cenário base, em um primeiro momento, sobre o qual algumas simulações foram realizadas. O detalhamento das informações utilizadas no modelo como dados de entradas (*inputs*) no cenário base estão apresentadas no apêndice 1. Esse cenário considera apenas duas alternativas de transporte para o escoamento da soja do Mato-Grosso, os portos de Santos e Paranaguá. Além disso, destaca 14 pólos produtores no Estado para o escoamento, com custos de fretes totais determinados previamente no modelo. Além de considerar alterações futuras nos valores dos fretes e na capacidade dos portos para as simulações de sensibilidade do cenário, em um segundo momento, foram considerados cenários contrastantes e alterações nos mesmos.

#### 5.1.1 Cenário 1: Modelo base com Escoamento para Santos e Paranaguá e Resultados

Os pólos de produção do Estado do Mato Grosso estão localizados em diferentes áreas e muito distantes dos locais de exportação dos grãos pelos principais portos brasileiros. As quantidades de produção dos pólos produtores do Mato Grosso estão descritas na Tabela 13. As distâncias entre os pólos produtores e os portos estão descritas na Tabela 14.

Tabela 13 Quantidades Médias de Produção de Soja, no período de 2002-2004, ton

<b>Cidades Produtoras (Origem)</b>	<b>Produção de soja em grão</b>
Campo Verde	388.175
Diamantino	712.012
Primavera do Leste	725.238
Nova Mutum	715.503
Lucas do Rio Verde	599.447
Campo Novo do Parecis	894.268
Nova Ubiratã	414.953
Tapurah	662.076
Sorriso	1.590.167
Sapezal	916.974
Alto Taquari	193.020
Sinop	154.492
Alta Floresta	921.67
Rondonópolis	179.848
Total	8.146.767

Fonte: IBGE (2005)

No caso do frete, tem-se, na Tabela 3, a representação dos custos totais, em reais por tonelada, das mercadorias transportadas dos pólos produtores (origens) até os portos de destino. Considerando cada quilômetro que 1 quilo de soja viaja como sendo quilograma-quilômetro, o *software* calcula quantas toneladas devem-se transportar de cada região produtora de soja para os portos de destino de modo, que minimize o custo total, com base nos dados de fretes fornecidos em R\$ por tonelada.

Assim, para um primeiro cenário, o modelo foi dividido em três etapas:

i) Definição das variáveis de decisão

As variáveis de decisão, como as quantidades, os valores dos fretes, as distâncias e as capacidades portuárias, foram definidas para cada origem e destino, ver Figura 27. Por exemplo, quando o carregamento de soja sai de Alta Floresta (1) e chega no porto de Santos (15), a mercadoria sai do nó 1 para o nó 15. Portanto, as variáveis de decisão foram indicadas por  $K_{OD}$  – Quantidade, em quilogramas, de soja transportada do nó O (origem) para o nó D (destino).



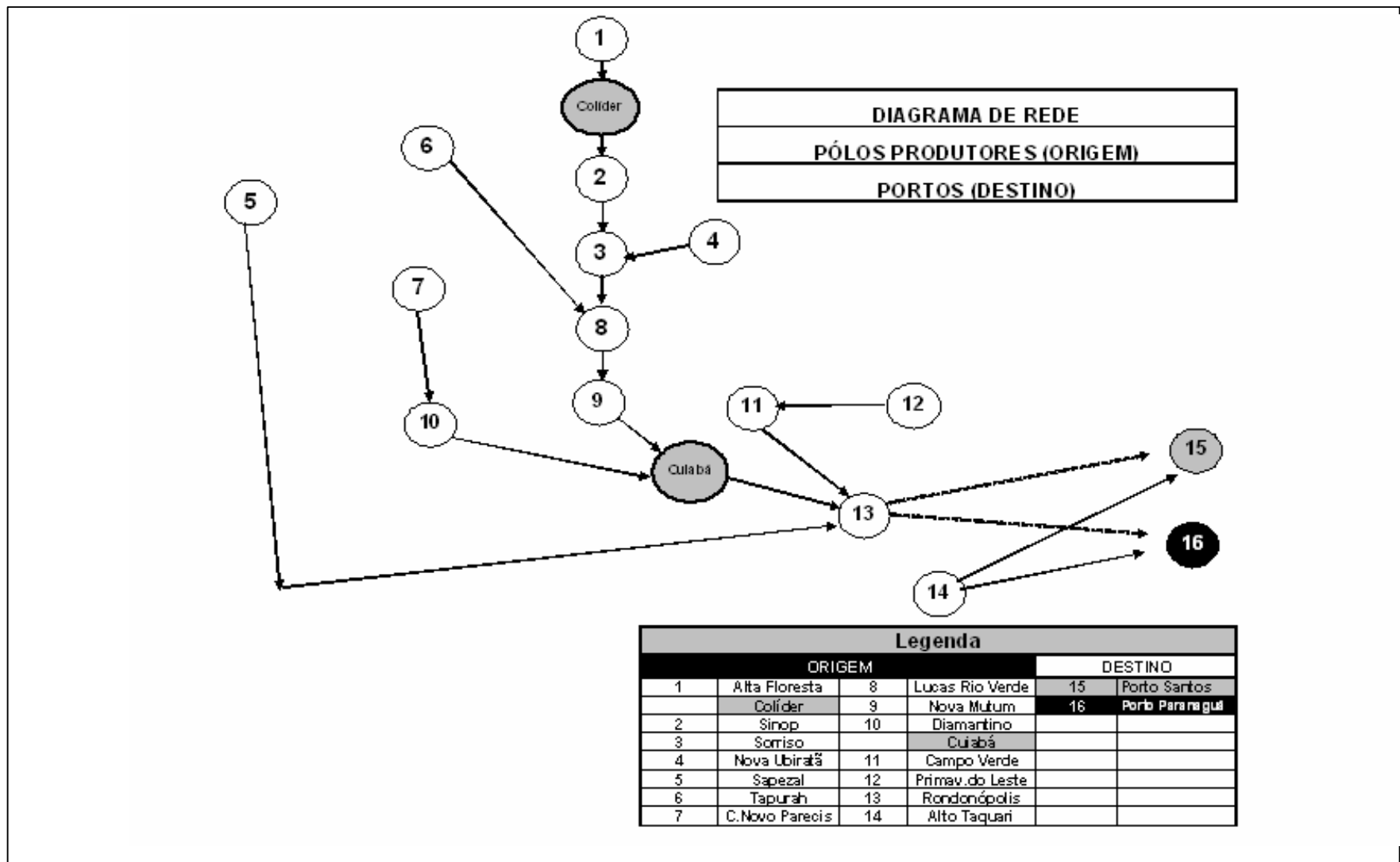


Figura 27 Diagrama de Rede: rotas Origem-Destino Santos e Paranaguá

Tabela 14 – Distâncias entre as Regiões de Produção de Soja e os Portos, km

<b>Cidades Produtoras (Origem)</b>	<b>SIGLAS</b>	<b>Porto 1 (Santos - ST) (Destino)</b>	<b>Porto 2 (Paranaguá - PR) (Destino)</b>
Campo Verde	CV	1.568	1.719
Diamantino	DI	1.930	1.978
Primavera do Leste	PL	1.549	1.699
Nova Mutum	NM	1.868	2.019
Lucas do Rio Verde	LV	2.079	2.115
Campo Novo do Parecis	CP	1.925	2.090
Nova Ubiratã	NU	2.141	2.219
Tapurah	TH	2.125	2.203
Sorriso	SR	2.029	2.179
Sapezal	SZ	2.205	2.283
Alto Taquari	AT	1.295	1.499
Sinop	SP	2.228	2.262
Alta Floresta	AF	2.537	2.615
Rondonópolis	RN	1.430	1.580

Fonte: IBGE (2005)

No total, tem-se 28 variáveis de decisão, a saber:

$K_{115}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 1 (AF) para o nó 15 (ST)  
 $K_{215}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 2 (SP) para o nó 15 (ST)  
 $K_{315}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 3 (SR) para o nó 15 (ST)  
 $K_{415}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 4 (NU) para o nó 16 (PR)  
 $K_{515}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 5 (SZ) para o nó 15 (ST)  
 $K_{615}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 6 (TH) para o nó 15 (ST)  
 $K_{715}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 7 (CP) para o nó 15 (ST)  
 $K_{815}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 8 (LV) para o nó 15 (ST)  
 $K_{915}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 9 (NM) para o nó 15 (ST)  
 $K_{1015}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 10 (DI) para o nó 15 (ST)  
 $K_{1115}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 11 (CV) para o nó 15 (ST)  
 $K_{1215}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 12 (PL) para o nó 15 (ST)  
 $K_{1315}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 13 (RN) para o nó 15 (ST)  
 $K_{1415}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 14 (AT) para o nó 15 (ST)

$K_{116}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 1 (AF) para o nó 16 (PR)  
 $K_{216}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 2 (SP) para o nó 16 (PR)  
 $K_{316}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 3 (SR) para o nó 16 (PR)  
 $K_{416}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 4 (NU) para o nó 16 (PR)  
 $K_{516}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 5 (SZ) para o nó 16 (PR)  
 $K_{616}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 6 (TH) para o nó 16 (PR)  
 $K_{716}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 7 (CP) para o nó 16 (PR)  
 $K_{816}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 8 (LV) para o nó 16 (PR)  
 $K_{916}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 9 (NM) para o nó 16 (PR)  
 $K_{1016}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 10 (DI) para o nó 16 (PR)  
 $K_{1116}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 11 (CV) para o nó 16 (PR)  
 $K_{1216}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 12 (PL) para o nó 16 (PR)  
 $K_{1316}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 13 (RN) para o nó 16 (PR)  
 $K_{1416}$  Quantidade de toneladas de soja transportada do nó 14 (AT) para o nó 16 (PR)

Tabela 15 Custo de Transporte entre Regiões de Produção de Soja e os Portos de Santos e Paranaguá em R\$/ ton

Custo: R\$/ton		PORTOS			
		NÓ (15) j	Valor	NÓ (16) j	Valor
CIDADES	NÓ (i)	SANTOS	R\$/Ton.	PARANAGUÁ	R\$/Ton.
Alta Floresta	1	C115	R\$ 246,00	C116	R\$ 210,00
Sinop	2	C215	R\$ 216,00	C216	R\$ 170,22
Sorriso	3	C315	R\$ 184,46	C316	R\$ 182,16
Nova Ubitatã	4	C415	R\$ 178,00	C416	R\$ 168,00
Sapezal	5	C515	R\$ 201,13	C516	R\$ 196,38
Tapurah	6	C615	R\$ 208,00	C616	R\$ 178,00
Campo Novo do Parecis	7	C715	R\$ 186,13	C716	R\$ 180,25
Lucas do Rio Verde	8	C815	R\$ 202,00	C816	R\$ 163,63
Nova Mutum	9	C915	R\$ 179,50	C916	R\$ 174,02
Diamantino	10	C1015	R\$ 187,00	C1016	R\$ 172,00
Campo Verde	11	C1115	R\$ 147,15	C1116	R\$ 139,15
Primavera do Leste	12	C1215	R\$ 144,88	C1216	R\$ 124,27
Rondonópolis	13	C1315	R\$ 139,00	C1316	R\$ 114,47
Alto Taquari	14	C1415	R\$ 120,00	C1416	R\$ 119,00

Fonte: SIFRECA (2006)

## ii ) Definição da função objetivo

$$\text{Minimizar } \textit{Frete} = \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=15}^{16} C_{ij} \times K_{ij}$$

Onde:

i é a origem e j é o destino;

C<sub>ij</sub> é o custo em R\$ por tonelada;

K<sub>ij</sub> é a quantidade a ser transportada do nó i (origem) para o nó j (destino).

A função objetivo de minimização dos custos totais do transporte teve a seguinte formulação:

Minimizar

$$246.k_{115} + 210.k_{116} + 216.k_{215} + 170,22.k_{216} + 184,46.k_{315} + 182,16.k_{316} + 178.k_{415} + 168.k_{416} + 201,13.k_{515} + 196,38.k_{516} + 208.k_{615} + 178.k_{616} + 186,13.k_{715} + 180,25.k_{716} + 202.k_{815} + 163,63.k_{816} + 179,50.k_{915} + 174,02.k_{916} + 187.k_{1015} + 172.k_{1016} + 147,15.k_{1115} + 139,15.k_{1116} + 144,88.k_{1215} + 124,27.k_{1216} + 139.k_{1315} + 114,47.k_{1316} + 120.k_{1415} + 119.k_{1416}.$$

iii) Definição das restrições do problema PL de minimização de custos: cada localidade produz uma quantidade fixa de quilogramas de soja, sendo constante no modelo:

$$\begin{aligned}
 K_{115} + K_{116} &= 921.67 \text{ (Quantidade de soja disponível em Alta Floresta)} \\
 K_{215} + K_{216} &= 154.491,67 \text{ (Quantidade de soja disponível em Sinop)} \\
 K_{315} + K_{316} &= 1.590.166,67 \text{ (Quantidade de soja disponível em Sorriso)} \\
 K_{415} + K_{416} &= 414.626,63 \text{ (Quantidade de soja disponível em Nova Ubiratã)} \\
 K_{515} + K_{516} &= 916.973,67 \text{ (Quantidade de soja disponível em Sapezal)} \\
 K_{615} + K_{616} &= 662.076 \text{ (Quantidade de soja disponível em Tapurah)} \\
 K_{715} + K_{716} &= 894.268,33 \text{ (Quantidade de soja disponível em Campo Novo Parecis)} \\
 K_{815} + K_{816} &= 599.447,33 \text{ (Quantidade de soja disponível em Lucas Rio Verde)} \\
 K_{915} + K_{916} &= 715.503 \text{ (Quantidade de soja disponível em Nova Mutum)} \\
 K_{1015} + K_{1016} &= 712.012,33 \text{ (Quantidade de soja disponível em Diamantino)} \\
 K_{1115} + K_{1116} &= 388.174,67 \text{ (Quantidade de soja disponível em Campo Verde)} \\
 K_{1215} + K_{1216} &= 725.238 \text{ (Quantidade de soja disponível em Primavera Leste)} \\
 K_{1315} + K_{1316} &= 179.847,67 \text{ (Quantidade de soja disponível em Rondonópolis)} \\
 K_{1415} + K_{1416} &= 193.020 \text{ (Quantidade de soja disponível em Alto Taquari)}
 \end{aligned}$$

Cada porto pode receber, no máximo, uma quantidade de soja em grão para ser transportada:

$$\begin{aligned}
 K_{115}+K_{215}+K_{315}+K_{415}+K_{515}+K_{615}+K_{715}+K_{815}+K_{915}+K_{1015}+K_{1115}+K_{1215}+K_{1315}+K_{1415} &\leq 6.266.167 \\
 \text{(Capacidade de carga de soja no Porto Santos)} \\
 K_{116}+K_{216}+K_{316}+K_{416}+K_{516}+K_{616}+K_{716}+K_{816}+K_{916}+K_{1016}+K_{1116}+K_{1216}+K_{1316}+K_{1416} &\leq 5.414.927 \\
 \text{(Capacidade de carga de soja no Porto Paranaguá)}
 \end{aligned}$$

Finalmente, as condições de não-negatividade foram dadas por:

$$\begin{aligned}
 K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0, \\
 K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0 \\
 K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0, \\
 K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0
 \end{aligned}$$

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por:

$$\text{Minimizar } Frete = \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^2 C_{ij} \times K_{ij}$$

Sujeito a:

a) Produção:  $\sum_{j=1}^2 K_{ij} = \text{Prod}_i \quad p/ \quad i = 1, 2, \dots, 14.$

b) Portos:  $\sum_{j=1}^{14} K_{ij} \leq \text{Cap}_j \quad p/ \quad j = 1, 2.$

c) Não – Negatividade:  $K_{ij} \geq 0$

Onde:

Prod. é a produção das cidades de origem;

Cap. é a capacidade dos portos;

$K_{ij}$  é a quantidade a ser transportada do nó  $i$  (origem) para o nó  $j$  (destino).

Os dados projetados pelo *Lindo*, após inclusão de variáveis exógenas (valores de fretes e capacidade portuária), estão apresentados na Tabela 16, na qual pode-se perceber no cenário em questão uma distribuição de quantidades de soja a partir dos pólos produtores para os portos de escoamento (Santos e Paranaguá). Havendo, em alguns casos, uma alocação em um único porto das produções das cidades.

De maneira geral, o *software* utilizado projetou uma distribuição de quantidades de soja produzidas nas cidades do Mato Grosso e transportadas até os portos de destinos considerando a melhor alternativa de escoamento, para que o custo total fosse mínimo. Portanto, o custo total projetado pelo *Lindo* para o transporte de 8.146.767 toneladas de soja entre as cidades produtoras e os portos de destinos foi de R\$ 1.386.071.317,97

O relatório de saída do programa *Lindo* mostra, ainda, quais os locais onde há impossibilidade de alteração de valor dos fretes, no sentido de manter a solução ótima para o sistema como um todo. Ver, como exemplo, na Tabela 17 os limites de

alterações propostas (acréscimo ou decréscimo nos valores de frete) para a situação do cenário atual.

Tabela 16 Resultados computacionais pelo *Lindo*, em ton, Cenário 1

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS	
	Destino ( j )	
Origens ( i )		
Cidades	Santos	Paranaguá
Alta Floresta	0,00	921,67
Sinop	0,00	154.491,67
Sorriso	1.590.166,67	0,00
Nova Ubiratã	0,00	414.626,33
Sapezal	916.973,67	0,00
Tapurah	0,00	662.076,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33
Nova Mutum	31.680,00	683.823,00
Diamantino	0,00	712.012,33
Campo Verde	0,00	388.174,67
Primavera do Leste	0,00	725.238,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67
Alto Taquari	193.020,00	0,00
<b>Total</b>	<b>2.731.840,33</b>	<b>5.414.927,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>	

Para complementar a análise de adequação do modelo à proposta geral da dissertação, procedeu-se a realização de testes de sensibilidade no sentido de avaliar as alterações de custo de transporte diante de mudanças nos valores das variáveis de entrada, em função de alterações no frete e na capacidade portuária do cenário 1.

Assim, para um primeiro teste de sensibilidade, foi considerado um aumento no valor do frete expresso na Tabela 18, para cinco cidades em que o relatório de restrição do programa *Lindo* informou a impossibilidade de alterar valores dos fretes cujo destino fosse o porto de Santos e cuja distribuição de quantidades transportadas estivessem no limite dos custos, para algumas cidades produtoras de soja da sub-área em estudo: Sorriso, Nova Ubiratã, Sapezal, Nova Mutum e Alto Taquari. Ver Tabela 5. As demais permaneceram constantes.

Tabela 17 Limites Máximos e Mínimos Possíveis de Frete para Configuração do Cenário Atual 1, R\$

Nome	Valor	Custo	Objetivo (Frete)	Permissível	Permissível
	Final	Reduzido	Coefficiente	Acréscimo	Decréscimo
Alta Floresta Santos	0,00	30,52	246	1E+30	30,52
Alta Floresta Paranaguá	921,67	0,00	210	30,52	1E+30
Sinop Santos	0,00	40,30	216	1E+30	40,3
Sinop Paranaguá	154.491,67	0,00	170,22	40,3	1E+30
Sorriso Paranaguá*	0,00	3,18	182,16	1E+30	3,18
Sorriso Santos*	1.590.166,67	0,00	184,46	3,18	1E+30
Nova Ubitatã Santos*	0,00	4,52	178	1E+30	4,52
Nova Ubitatã Paranaguá*	414.626,33	0,00	168	4,52	1E+30
Sapezal Paranaguá*	0,00	0,73	196,38	1E+30	0,73
Sapezal Santos*	916.973,67	0,00	201,13	0,73	1E+30
Tapurah Santos	0,00	24,52	208	1E+30	24,52
Tapurah Paranaguá	662.076,00	0,00	178	24,52	1E+30
Campo Novo do Parecis Santos	0,00	0,40	186,13	1E+30	0,4
Campo Novo do Parecis Paranaguá	894.268,33	0,00	180,25	0,4	1E+30
Lucas do Rio Verde Santos	0,00	32,89	202	1E+30	32,89
Lucas do Rio Verde Paranaguá	599.447,33	0,00	163,63	32,89	1E+30
Nova Mutum Santos*	31.680,00	0,00	179,5	0,4	0,73
Nova Mutum Paranaguá*	683.823,00	0,00	174,02	0,73	0,4
Diamantino Santos	0,00	9,52	187	1E+30	9,52
Diamantino Paranaguá	712.012,33	0,00	172	9,52	1E+30
Campo Verde Santos	0,00	2,52	147,15	1E+30	2,52
Campo Verde Paranaguá	388.174,67	0,00	139,15	2,52	1E+30
Primavera do Leste Santos	0,00	15,13	144,88	1E+30	15,13
Primavera do Leste Paranaguá	725.238,00	0,00	124,27	15,13	1E+30
Rondonópolis Santos	0,00	19,05	139	1E+30	19,05
Rondonópolis Paranaguá	179.847,67	0,00	114,47	19,05	1E+30
Alto Taquari Paranaguá*	0,00	5,48	0	1E+30	5,48
Alto Taquari Santos*	193.020,00	0,00	0	5,48	1E+30
			<b>Capacidade Disponível (Porto)</b>		
<b>Total Santos</b>	<b>2.731.840,33</b>	<b>6.266.167,00</b>		<b>1E+30</b>	<b>3.534.326,67</b>
<b>Total Paranaguá</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>5.414.927,00</b>		<b>31.680,00</b>	<b>683.823,00</b>

\* Municípios selecionados para os testes no cenário atual

Os fretes das cidades destacadas sofreram um aumento proposital de 10% em seus valores originais da Tabela 15 com destino para Santos. Tal aumento está respaldado na existência de períodos de chuva, que inviabilizam e dificultam a utilização do modal rodoviário como principal modal de transporte dos grãos do Mato-Grosso até os principais portos brasileiros e, ainda, em função do período de entressafra dos grãos, que diminui consideravelmente o fluxo de veículos ocasionando um aumento do preço do frete.

Tabela 18 Custo de Transporte entre as Regiões de Produção de Soja e os Portos em R\$/ton, com Alteração no Frete em 10%

Custo: R\$ / ton.		PORTOS			
		NÓ (15) j	Valor	NÓ (16) j	Valor
CIDADES	NÓ (i)	SANTOS	R\$/Ton.	PARANAGUÁ	R\$/Ton.
Alta Floresta	1	C115	R\$ 246,00	C116	R\$ 210,00
Sinop	2	C215	R\$ 216,00	C216	R\$ 170,22
Sorriso	3*	C315	R\$ 202,91	C316	R\$ 182,16
Nova Ubiratã	4*	C415	R\$ 195,80	C416	R\$ 168,00
Sapezal	5*	C515	R\$ 221,24	C516	R\$ 196,38
Tapurah	6	C615	R\$ 208,00	C616	R\$ 178,00
Campo Novo do Parecis	7	C715	R\$ 186,13	C716	R\$ 180,25
Lucas do Rio Verde	8	C815	R\$ 202,00	C816	R\$ 163,63
Nova Mutum	9*	C915	R\$ 197,45	C916	R\$ 174,02
Diamantino	10	C1015	R\$ 187,00	C1016	R\$ 172,00
Campo Verde	11	C1115	R\$ 147,15	C1116	R\$ 139,15
Primavera do Leste	12	C1215	R\$ 144,88	C1216	R\$ 124,27
Rondonópolis	13	C1315	R\$ 139,00	C1316	R\$ 114,47
Alto Taquari	14*	C1415	R\$ 132,00	C1416	R\$ 119,00

\* Municípios com fretes aumentados em 10% para Santos

Em seguida, estão apresentados os resultados na Tabela 19 no caso de alteração de preço de frete. Como pode ser visto, o *software* utilizado projetou uma nova distribuição de quantidades de soja produzidas nas cidades do Mato-Grosso e transportadas até os portos de destinos. Estimou-se, nessa nova configuração, o custo total para o transporte de 8.146.767 toneladas de soja entre as cidades produtoras e os portos de destinos no valor de R\$ 1.410.464.186,10, sendo maior do que o custo da solução anterior.

Partindo para um segundo teste de sensibilidade, foi considerado o aumento na capacidade portuária de Paranaguá, em aproximadamente 1.000.000 de toneladas, passando de 5.414.927 ton para 6.414.927 ton. Os resultados estão na Tabela 20. Assim, o *software* utilizado projetou uma terceira distribuição de quantidades de soja produzidas nas cidades do Mato-Grosso e transportadas até os portos de destinos. Foi estimado para o transporte de 8.146.767 toneladas de soja entre as cidades produtores e os portos de destinos o valor de R\$ 1.381.423.990,09, havendo um custo global menor em relação às soluções anteriores.



Tabela 19 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações nos Valores de Fretes em 10%

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS	
	Destino ( j )	
	Santos	Paranaguá
Origens ( i )		
Cidades		
Alta Floresta	0,00	921,67
Sinop	0,00	154.491,67
Sorriso*	0,00	1.590.166,67
Nova Ubiratã*	0,00	414.626,33
Sapezal*	0,00	916.973,67
Tapurah	0,00	662.076,00
Campo Novo do Parecis	894.268,33	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33
Nova Mutum*	0,00	715.503,00
Diamantino	712.012,33	0,00
Campo Verde	388.174,67	0,00
Primavera do Leste	544.365,00	180.873,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67
Alto Taquari*	193.020,00	0,00
<b>Total</b>	<b>2.731.840,33</b>	<b>5.414.927,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>	

\*Municípios com fretes alterados em 10%

Tabela 20 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações na Capacidade Portuária de Paranaguá

Carga Transportada (ton) – Kij	PORTOS	
	Destino ( j )	
	Santos	Paranaguá
Origens ( i )		
Cidades		
Alta Floresta	0,00	921,67
Sinop	0,00	154.491,67
Sorriso	1.538.820,33	51.346,33
Nova Ubiratã	0,00	414.626,33
Sapezal	0,00	916.973,67
Tapurah	0,00	662.076,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33
Nova Mutum	0,00	715.503,00
Diamantino	0,00	712.012,33
Campo Verde	0,00	388.174,67
Primavera do Leste	0,00	725.238,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67
Alto Taquari	193.020,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1.731.840,33</b>	<b>6.414.927,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>	

### 5.1.2 Cenário 2: Modelo base com Escoamento para os Portos Alternativos e Resultados

Para os próximos cenários, consideraram-se as quantidades de produção dos pólos produtores do Mato-Grosso na Tabela 13. As distâncias entre os pólos produtores e os portos alternativos de destino, que estão descritas nas Tabelas 21 e o diagrama de redes que representa os próximos cenários contrastantes que está descrito na Figura 28.

Assim, para os demais cenários, o modelo também foi dividido em três etapas:

#### i ) Definição das variáveis de decisão:

As variáveis de decisão, como as quantidades, os valores dos fretes, as distâncias e as capacidades portuárias, foram definidas para cada origem e destino, ver Figura 28. Por exemplo, quando o carregamento de soja sai de Alta Floresta (1) e chega ao porto alternativo do Rio Grande (17) ou Itacoatiara (19), a mercadoria sai do nó 1 para o nó 17 ou 19, respectivamente. Portanto, as variáveis de decisão também foram indicadas por  $K_{OD}$  – Quantidade, em quilogramas, de soja transportada do nó O (origem) para o nó D (destino). Tendo-se no aspecto macro geográfico para o conjunto de pares  $OxD$  o estabelecimento de várias rotas, conforme a Figura 28: conjunto de origens sentido Santos, conjunto de origens sentido Paranaguá, conjunto de origens sentido Santarém, conjunto de origens sentido Itaqui, conjunto de origens sentido Rio Grande e conjunto de origens sentido Itacoatiara.

#### ii ) Definição da função objetivo proposta para os demais cenários:

$$\text{Minimizar } Frete = \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 C_{ij} \times K_{ij}$$

#### iii) Definição das restrições do problema PL de minimização de custos:

Cada localidade produz uma quantidade fixa de quilogramas de soja, sendo constante no modelo; os portos de destinos são seis (Paranaguá, Santos, Santarém, Itacoatiara, Rio Grande e Itaquí) e as condições são de que não são aceitáveis valores negativos no modelo.

$$\text{a) Produção: } \sum_{j=1}^6 K_{ij} = \text{Prod}_i \quad p/ \quad i = 1, 2, \dots, 14.$$

$$\text{b) Portos: } \sum_{j=1}^{14} K_{ij} \leq \text{Cap}_j \quad p/ \quad j = 1, 2, \dots, 6.$$

$$\text{c) Não – Negatividade: } K_{ij} \geq 0$$

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos para um os próximos cenários propostos, considerando todos os portos, foi expresso por:

$$\text{Minimizar } \textit{Frete} = \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 C_{ij} \times K_{ij}$$

Sujeito a:

$$\text{a) Produção: } \sum_{j=1}^6 K_{ij} = \text{Prod}_i \quad p/ \quad i = 1, 2, \dots, 14.$$

$$\text{b) Portos: } \sum_{j=1}^{14} K_{ij} \leq \text{Cap}_j \quad p/ \quad j = 1, 2, \dots, 6.$$

$$\text{c) Não – Negatividade: } K_{ij} \geq 0$$

Onde:

Prod. é a produção das cidades de origem;

Cap. é a capacidade dos portos;

$K_{ij}$  é a quantidade a ser transportada do nó  $i$  (origem) para o nó  $j$  (destino).

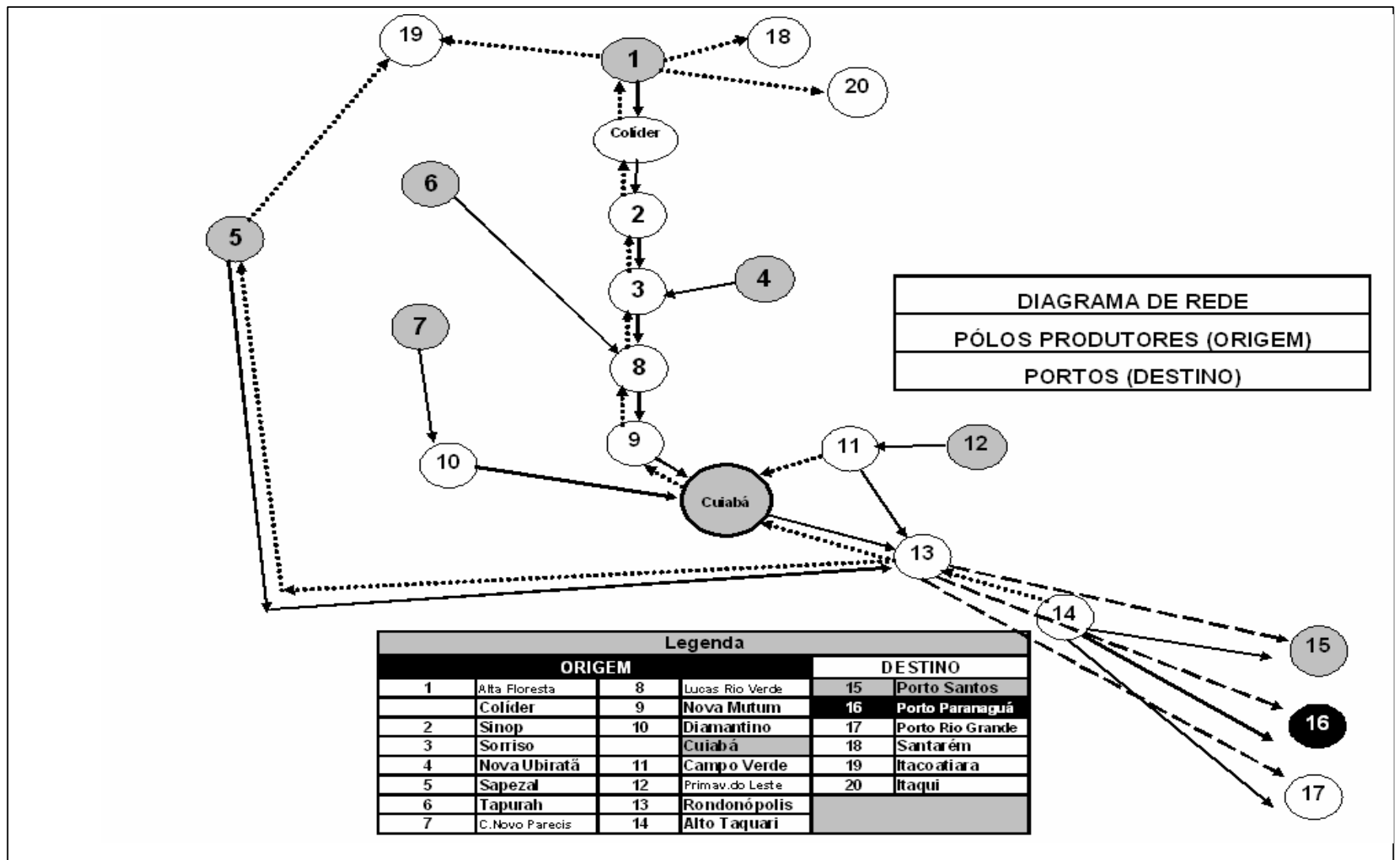


Figura 28 Diagrama de Rede: Rotas Alternativas para escoamento de Grãos do Mato-Grosso

- Detalhando, tem-se:

a) Quando  $i = 1 \Rightarrow \sum_{j=1}^6 K1j = Prod1$ , ou seja,  $(K11 + K12, \dots, K16 = Prod1)$

b) Quando  $j = 1 \Rightarrow \sum_{i=1}^{14} K1i \leq Cap1$ , ou seja,  $(K11 + K21 + K31 + \dots + K14,1 \leq Cap1)$

c) Custo Total  $\Rightarrow \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 CijxKij$ , ou seja,  $(C11xK11 + C12xK12 + \dots + C15xK15 + C16xK16) =$

$C11xK11 + C12xK12 + \dots + C15xK15 + C16xK16 + \dots + C14,1xK14,1 + C14,2xK14,2 + \dots + C14,5xK14,5 + C14,6xK14,6.$

Os dados projetados pelo *Lindo*, após inclusão de variáveis exógenas (valores de fretes, representados na Tabela 22, e capacidade portuária), estão apresentados na Tabela 23 e, mais detalhadamente, no anexo 4. Pode-se perceber no cenário em questão, uma distribuição de quantidades de soja a partir dos pólos produtores para os portos de escoamento (Santos, Paranaguá e Itacoatiara). Havendo, em alguns casos, uma alocação em um único porto, as produções das cidades e, em outros casos como a cidade de Nova Ubiratã, uma distribuição entre dois portos. Tais distâncias entre as cidades produtoras e os portos alternativos, podem ser visualizadas na Tabela 21.

Os fretes para todos os portos alternativos foram calculados a partir dos valores adquiridos, do Sifreca (2006), de cada cidade como custo tonelada/quilometro e, posteriormente, multiplicados pelas distâncias entre os pólos produtores e cada porto apresentadas nas Tabelas 22 e 24.

De maneira geral, o *software* utilizado projetou uma distribuição de quantidades de soja produzidas nas cidades do Mato-Grosso e transportadas até os portos de destinos considerando a melhor alternativa de escoamento, para que o custo total fosse mínimo. Portanto, o custo total projetado pelo *Lindo* para o

transporte de 8.146.767 toneladas de soja entre as cidades produtores e os portos de destinos foi de R\$ 1.386.058.329,17, conforme Tabela 23.

Tabela 21 – Distâncias entre as Regiões de Produção de Soja e os Portos Alternativos para Escoamento, km

<b>Cidades Produtoras (Origem)</b>	<b>SIGLAS</b>	<b>Porto 3 (Rio Grande) (Destino)</b>	<b>Porto 4 (Santarém) (Destino)</b>	<b>Porto 5 (Itacoatiara) (Destino)</b>	<b>Porto 6 (Itaqui) (Destino)</b>
Campo Verde	CV	2.525	1.894	2.700	3.116
Diamantino	DI	2.592	1.961	2.767	3.183
Primavera do Leste	PL	2.625	1.994	2.800	3.216
Nova Mutum	NM	2.649	1.494	2.300	3.240
Lucas do Rio Verde	LV	2.741	1.402	2.208	3.332
Campo Novo do Parecis	CP	2.784	2.153	2.959	3.375
Nova Ubitatã	NU	2.803	1.489	2.268	3.392
Tapurah	TH	2.787	1.356	2.162	3.378
Sorriso	SR	2.805	1.338	2.144	3.396
Sapezal	SZ	2.867	1.849	3.040	3.456
Alto Taquari	AT	2.090	2.242	3.048	2.700
Sinop	SP	2.890	1.255	2.076	3.479
Alta Floresta	AF	3.199	944	2.538	3.790
Rondonópolis	RN	2.682	2.051	2.857	2.683

Tabela 22 Custo de Transporte entre Regiões de Produção de Soja e os Portos de Rio Grande e Santarém em R\$/ ton

<b>Custo: R\$/ton</b>		<b>PORTOS</b>			
		<b>NÓ (17) j</b>	<b>Valor</b>	<b>NÓ (18) j</b>	<b>Valor</b>
<b>CIDADES</b>	<b>NÓ (i)</b>	<b>RIO GRANDE</b>	<b>R\$/Ton.</b>	<b>SANTARÉM</b>	<b>R\$/Ton.</b>
Alta Floresta	1	C117	R\$ 283,59	C118	R\$ 83,69
Sinop	2	C217	R\$ 248,83	C218	R\$ 108,06
Sorriso	3	C317	R\$ 244,74	C318	R\$ 116,74
Nova Ubitatã	4	C417	R\$ 223,10	C418	R\$ 108,55
Sapezal	5	C517	R\$ 254,02	C518	R\$ 163,82
Tapurah	6	C617	R\$ 248,63	C618	R\$ 132,07
Campo Novo do Parecis	7	C717	R\$ 254,60	C718	R\$ 196,89
Lucas do Rio Verde	8	C817	R\$ 239,29	C818	R\$ 122,39
Nova Mutum	9	C917	R\$ 241,46	C918	R\$ 136,18
Diamantino	10	C1017	R\$ 238,33	C1018	R\$ 180,31
Campo Verde	11	C1117	R\$ 220,56	C1118	R\$ 165,44
Primavera do Leste	12	C1217	R\$ 218,66	C1218	R\$ 166,10
Rondonópolis	13	C1317	R\$ 227,43	C1318	R\$ 173,92
Alto Taquari	14	C1417	R\$ 179,84	C1418	R\$ 192,92

Fonte: SIFRECA (2006)

O relatório de saída do programa *Lindo* mostra, ainda, quais os locais onde há impossibilidade de alteração de valor dos fretes, no sentido de manter a solução ótima para o sistema como um todo. Ver, como exemplo, na Tabela 25, os limites de alterações propostas (acrécimo ou decréscimo nos valores de frete) para a situação do cenário 2 e possíveis projeções de simulações futuras no mesmo.

Tabela 23 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, Cenário 2

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Destino ( j )					
	<i>Santos</i>	<i>Paranaguá</i>	<i>Rio Grande</i>	<i>Santarém</i>	<i>Itacoatiara</i>	<i>São Luís</i>
Alta Floresta	0,00	921,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sinop	0,00	154.491,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sorriso	1.590.166,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Ubiratã	0,00	382.946,33	0,00	0,00	31.680,00	0,00
Sapezal	916.973,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tapurah	0,00	662.076,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	715.503,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>2.700.160,33</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>31.680,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>					

<b>Capacidade do porto (ton)</b>	<b>6.266.167</b>	<b>5.414.927</b>	<b>3.731.000</b>	<b>0</b>	<b>2.000.000</b>	<b>890.000</b>
----------------------------------	------------------	------------------	------------------	----------	------------------	----------------

**Custo total de Transporte**      **R\$ 1.386.058.329,17**



Para complementar a análise de adequação do modelo à proposta geral da dissertação, procedeu-se a realização de testes de sensibilidade no cenário 2 para avaliar as alterações de custo de transporte diante de mudanças nos valores das variáveis de entrada, em função de alterações no frete e na capacidade portuária do cenário 2.

Tabela 24 Custo de transporte entre regiões de produção de soja e os portos de Itacoatiara e Itaqui em R\$/ ton

Custo: R\$/ton		PORTOS			
		NÓ (19) j	Valor	NÓ (20) j	Valor
CIDADES	NÓ ( i )	ITACOATIARA	R\$/Ton.	ITAQUI	R\$/Ton.
Alta Floresta	1	C119	R\$ 224,99	C120	R\$ 335,98
Sinop	2	C219	R\$ 178,74	C220	R\$ 299,54
Sorriso	3	C319	R\$ 187,06	C320	R\$ 296,30
Nova Ubiratã	4	C419	R\$ 173,07	C420	R\$ 270,41
Sapezal	5	C519	R\$ 269,34	C520	R\$ 306,20
Tapurah	6	C619	R\$ 201,17	C620	R\$ 300,87
Campo Novo do Parecis	7	C719	R\$ 270,60	C720	R\$ 308,64
Lucas do Rio Verde	8	C819	R\$ 192,76	C820	R\$ 290,88
Nova Mutum	9	C919	R\$ 209,65	C920	R\$ 295,33
Diamantino	10	C1019	R\$ 254,43	C1020	R\$ 292,68
Campo Verde	11	C1119	R\$ 235,85	C1120	R\$ 272,18
Primavera do Leste	12	C1219	R\$ 233,24	C1220	R\$ 267,89
Rondonópolis	13	C1319	R\$ 242,27	C1320	R\$ 227,52
Alto Taquari	14	C1419	R\$ 262,28	C1420	R\$ 232,34

Fonte: SIFRECA (2006)

Assim, para um primeiro teste de sensibilidade, foi considerado um aumento da capacidade portuária do porto de Santarém, que não foi utilizado inicialmente no cenário 2 base, como rota de destino. Isso devido à rota de Santarém não ser utilizada constantemente por condições inadequadas de trafegabilidade pela rodovia BR 163. Portanto, optou-se em utilizar a rota de Santarém como primeira análise de sensibilidade do cenário 2 proposto, para verificar a influência nas distribuições das quantidades transportadas para os portos alternativos. Assim, os valores de fretes foram projetados a partir das distâncias entre os pólos produtores e os portos de destinos, bem como, a capacidade portuária que foi proporcional a do porto de Itacoatiara, de 2.000.000 de toneladas inicialmente. Tais resultados foram demonstrados na Tabela 26 e, mais detalhadamente, no anexo 5.

Tabela 25 Limites Máximos e Mínimos Possíveis de Frete para Configuração do Cenário 2, R\$

Nome	Valor Final	Custo Reduzido	Objetivo	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
			(Frete) Coeficiente		
Alta Floresta Santos	0,00	30,93	246	1E+30	30,93
Alta Floresta Paranaguá	921,67	0,00	210	9,92	63,66
Alta Floresta Santarém	0,00	0,00	83,69	63,66	1E+30
Alta Floresta Rio Grande	0,00	68,52	283,59	1E+30	68,52
Alta Floresta São Luís	0,00	120,91	335,98	1E+30	120,91
Alta Floresta Itacoatiara	0,00	9,92	224,99	1E+30	9,92
Sinop Santos	0,00	40,71	216	1E+30	40,71
Sinop Paranaguá	154.491,67	0,00	170,22	3,45	1E+30
Sinop Santarém	0,00	64,15	108,06	1E+30	64,15
Sinop Rio Grande	0,00	73,54	248,83	1E+30	73,54
Sinop São Luís	0,00	124,25	299,54	1E+30	124,25
Sinop Itacoatiara	0,00	3,45	178,74	1E+30	3,45
Sorriso Santos	1.590.166,67	0,00	184,46	2,6	1E+30
Sorriso Paranaguá	0,00	2,77	182,16	1E+30	2,77
Sorriso Santarém	0,00	63,66	116,74	1E+30	63,66
Sorriso Rio Grande	0,00	60,28	244,74	1E+30	60,28
Sorriso São Luís	0,00	111,84	296,3	1E+30	111,84
Sorriso Itacoatiara	0,00	2,60	187,06	1E+30	2,6
Nova Ubiratã Santos	0,00	4,93	178	1E+30	4,93
Nova Ubiratã Paranaguá	382.946,33	0,00	168	0,32	0,41
Nova Ubiratã Santarém	0,00	66,86	108,55	1E+30	66,86
Nova Ubiratã Rio Grande	0,00	50,03	223,1	1E+30	50,03
Nova Ubiratã São Luís	0,00	97,34	270,41	1E+30	97,34
Nova Ubiratã Itacoatiara	31.680,00	0,00	173,07	0,41	0,32
Sapezal Santos	916.973,67	0,00	201,13	0,32	1E+30
Sapezal Paranaguá	0,00	0,32	196,38	1E+30	0,32
Sapezal Santarém	0,00	94,07	163,82	1E+30	94,07
Sapezal Rio Grande	0,00	52,89	254,02	1E+30	52,89
Sapezal São Luís	0,00	105,07	306,2	1E+30	105,07
Sapezal Itacoatiara	0,00	68,21	269,34	1E+30	68,21
Tapurah Santos	0,00	24,93	208	1E+30	24,93
Tapurah Paranaguá	662.076,00	0,00	178	18,1	1E+30
Tapurah Santarém	0,00	80,38	132,07	1E+30	80,38
Tapurah Rio Grande	0,00	65,56	248,63	1E+30	65,56
Tapurah São Luís	0,00	117,80	300,87	1E+30	117,8
Tapurah Itacoatiara	0,00	18,10	201,17	1E+30	18,1
Campo Novo do Parecis Santos	0,00	0,81	186,13	1E+30	0,81
Campo Novo do Parecis Paranaguá	894.268,33	0,00	180,25	0,81	1E+30
Campo Novo do Parecis Santarém	0,00	142,95	196,89	1E+30	142,95
Campo Novo do Parecis Rio Grande	0,00	69,28	254,6	1E+30	69,28
Campo Novo do Parecis São Luís	0,00	123,32	308,64	1E+30	123,32
Campo Novo do Parecis Itacoatiara	0,00	85,28	270,6	1E+30	85,28
Lucas do Rio Verde Santos	0,00	33,30	202	1E+30	33,3
Lucas do Rio Verde Paranaguá	599.447,33	0,00	163,63	24,06	1E+30

Lucas do Rio Verde Santarém	0,00	85,07	122,39	1E+30	85,07
Lucas do Rio Verde Rio Grande	0,00	70,59	239,29	1E+30	70,59
Lucas do Rio Verde São Luís	0,00	122,18	290,88	1E+30	122,18
Lucas do Rio Verde Itacoatiara	0,00	24,06	192,76	1E+30	24,06
Nova Mutum Santos	0,00	0,41	179,5	1E+30	0,41
<b>Nova Mutum Paranaguá</b>	<b>715.503,00</b>	<b>0,00</b>	<b>174,02</b>	<b>0,41</b>	<b>1E+30</b>
Nova Mutum Santarém	0,00	88,47	136,18	1E+30	88,47
Nova Mutum Rio Grande	0,00	62,37	241,46	1E+30	62,37
Nova Mutum São Luís	0,00	116,24	295,33	1E+30	116,24
Nova Mutum Itacoatiara	0,00	30,56	209,65	1E+30	30,56
Diamantino Santos	0,00	9,93	187	1E+30	9,93
<b>Diamantino Paranaguá</b>	<b>712.012,33</b>	<b>0,00</b>	<b>172</b>	<b>9,93</b>	<b>1E+30</b>
Diamantino Santarém	0,00	134,62	180,31	1E+30	134,62
Diamantino Rio Grande	0,00	61,26	238,33	1E+30	61,26
Diamantino São Luís	0,00	115,61	292,68	1E+30	115,61
Diamantino Itacoatiara	0,00	77,36	254,43	1E+30	77,36
Campo Verde Santos	0,00	2,93	147,15	1E+30	2,93
<b>Campo Verde Paranaguá</b>	<b>388.174,67</b>	<b>0,00</b>	<b>139,15</b>	<b>2,93</b>	<b>1E+30</b>
Campo Verde Santarém	0,00	152,60	165,44	1E+30	152,6
Campo Verde Rio Grande	0,00	76,34	220,56	1E+30	76,34
Campo Verde São Luís	0,00	127,96	272,18	1E+30	127,96
Campo Verde Itacoatiara	0,00	91,63	235,85	1E+30	91,63
Primavera do Leste Santos	0,00	15,54	144,88	1E+30	15,54
<b>Primavera do Leste Paranaguá</b>	<b>725.238,00</b>	<b>0,00</b>	<b>124,27</b>	<b>15,54</b>	<b>1E+30</b>
Primavera do Leste Santarém	0,00	168,14	166,1	1E+30	168,14
Primavera do Leste Rio Grande	0,00	89,32	218,66	1E+30	89,32
Primavera do Leste São Luís	0,00	138,55	267,89	1E+30	138,55
Primavera do Leste Itacoatiara	0,00	103,90	233,24	1E+30	103,9
Rondonópolis Santos	0,00	19,46	139	1E+30	19,46
<b>Rondonópolis Paranaguá</b>	<b>179.847,67</b>	<b>0,00</b>	<b>114,47</b>	<b>19,46</b>	<b>1E+30</b>
Rondonópolis Santarém	0,00	185,76	173,92	1E+30	185,76
Rondonópolis Rio Grande	0,00	107,89	227,43	1E+30	107,89
Rondonópolis São Luís	0,00	107,98	227,52	1E+30	107,98
Rondonópolis Itacoatiara	0,00	122,73	242,27	1E+30	122,73
<b>Alto Taquari Santos</b>	<b>193.020,00</b>	<b>0,00</b>	<b>120</b>	<b>4,07</b>	<b>1E+30</b>
Alto Taquari Paranaguá	0,00	4,07	119	1E+30	4,07
Alto Taquari Santarém	0,00	204,30	192,92	1E+30	204,3
Alto Taquari Rio Grande	0,00	59,84	179,84	1E+30	59,84
Alto Taquari São Luís	0,00	112,34	232,34	1E+30	112,34
Alto Taquari Itacoatiara	0,00	142,28	262,28	1E+30	142,28
		<b>Capacidade Disponível (Porto)</b>			
<b>Total Santos</b>	<b>2.700.160,33</b>	<b>6.266.167,00</b>	<b>1,00E+30</b>	<b>3.566.006,33</b>	
<b>Total Paranaguá</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>31.680,00</b>	<b>382.946,33</b>	
<b>Total Santarém</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>921,66667</b>	<b>0,00</b>	
<b>Total Rio Grande</b>	<b>0,00</b>	<b>3.731.000,00</b>	<b>1E+30</b>	<b>3.731.000,00</b>	
<b>Total Itaquí</b>	<b>0,00</b>	<b>890.000,00</b>	<b>1E+30</b>	<b>890.000,00</b>	
<b>Total Itacoatiara</b>	<b>31.680,00</b>	<b>2.000.000,00</b>	<b>1E+30</b>	<b>1.968.320,00</b>	

\* As cidades destacadas identificam as rotas projetadas pelo *Lindo* como as que fornecem um custo total mínimo para o segundo cenário base proposto.

Tabela 26 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações na Capacidade Portuária de Santarém para 2.000.000 de toneladas

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Destino ( j )					
	<i>Santos</i>	<i>Paranaguá</i>	<i>Rio Grande</i>	<i>Santarém</i>	<i>Itacoatiara</i>	<i>São Luís</i>
Origens ( i )						
Cidades						
Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	921,67	0,00	0,00
Sinop	0,00	0,00	0,00	154.491,67	0,00	0,00
Sorriso	0,00	0,00	0,00	1.590.166,67	0,00	0,00
Nova Ubiratã	0,00	160.206,33	0,00	254.420,00	0,00	0,00
Sapezal	538.820,33	378.153,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Tapurah	0,00	662.076,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	715.503,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>731.840,33</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2.000.000,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>					

<b>Capacidade do porto (ton)</b>	<b>6.266.167</b>	<b>5.414.927</b>	<b>3.731.000</b>	<b>2.000.000</b>	<b>2.000.000</b>	<b>890.000</b>
----------------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	----------------

Custo total de Transporte **R\$ 1.251.570.509,85**

Com essa alteração proposta, estimou-se, nesta nova configuração, o custo total para o transporte de 8.146.767 toneladas de soja entre as cidades produtoras e os portos de destinos no valor de R\$ 1.251.570.509,85, sendo menor do que a proposta no teste anterior.

Em seguida, foi projetado um novo teste de sensibilidade no cenário 2 proposto com um novo aumento proporcional da capacidade portuária de Santarém para 5.000.000 de toneladas como forma de verificação de possíveis alterações na configuração do cenário, visto que o primeiro teste demonstrado na Tabela 26, sinalizou uma redução no custo total do frete quando foi proposta a nova rota de Santarém no modelo.

Tais resultados de distribuição foram projetados na Tabela 27 e, detalhados no anexo 6, simbolizando uma distribuição cada vez maior das quantidades transportadas, para o porto de Santarém e, dessa forma, implicando em redução considerável do custo total que passou para R\$ 1.128.997.130,15, ou seja, uma redução de R\$ 122.573.379,70.

Por esse motivo, tornou-se necessário um novo teste de sensibilidade, para identificar se os freqüentes aumentos na capacidade portuária de Santarém sempre projetarão toda a produção para essa cidade, sinalizando a necessidade de investimentos urgentes na região. Assim, a capacidade portuária foi projetada no modelo para 6.000.000 de toneladas e os resultados foram demonstrados na Tabela 28 e, detalhados no anexo 7. Desta vez, a redução dos custos foi mínima, passando para R\$ 1.127.232.171,94 e houve poucas alterações na distribuição espacial dos transportes para os portos alternativos, modificando apenas a distribuição de Sapezal que era dividida entre os portos de Santarém e Paranaguá, passando a distribuir tudo pelo porto de Santarém. Dessa forma, o modelo sinaliza a necessidade de novos teste em um novo cenário proposto onde os fretes de alguns portos podem variar em períodos de entressafra ou de chuva bem como a capacidade portuária também pode ter melhorias infra-estruturais de aumento de capacidade simultaneamente.

Tabela 27 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações na Capacidade Portuária de Santarém para 5.000.000 de toneladas

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Origens ( i )	Destino ( j )				
Cidades	Santos	Paranaguá	Rio Grande	Santarém	Itacoatiara	São Luís
Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	921,67	0,00	0,00
Sinop	0,00	0,00	0,00	154.491,67	0,00	0,00
Sorriso	0,00	0,00	0,00	1.590.166,67	0,00	0,00
Nova Ubiratã	0,00	0,00	0,00	414.626,33	0,00	0,00
Sapezal	0,00	54.206,33	0,00	862.767,33	0,00	0,00
Tapurah	0,00	0,00	0,00	662.076,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	0,00	0,00	599.447,33	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	0,00	0,00	715.503,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	0,00	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>0,00</b>	<b>3.146.767,33</b>	<b>0,00</b>	<b>5.000.000,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
				<b>8.146.767,33</b>		

<b>Capacidade do porto (ton)</b>	<b>6.266.167</b>	<b>5.414.927</b>	<b>3.731.000</b>	<b>5.000.000</b>	<b>2.000.000</b>	<b>890.000</b>
----------------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	----------------

Custo total de Transporte

**R\$ 1.128.997.130,15**

Tabela 28 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações na Capacidade Portuária de Santarém para 6.000.000 de toneladas

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Origens ( i )	Destino ( j )				
Cidades	Santos	Paranaguá	Rio Grande	Santarém	Itacoatiara	São Luís
Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	921,67	0,00	0,00
Sinop	0,00	0,00	0,00	154.491,67	0,00	0,00
Sorriso	0,00	0,00	0,00	1.590.166,67	0,00	0,00
Nova Ubiratã	0,00	0,00	0,00	414.626,33	0,00	0,00
Sapezal	0,00	0,00	0,00	916.973,67	0,00	0,00
Tapurah	0,00	0,00	0,00	662.076,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	0,00	0,00	599.447,33	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	0,00	0,00	715.503,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	0,00	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>0,00</b>	<b>3.092.561,00</b>	<b>0,00</b>	<b>5.054.206,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>					

<b>Capacidade do porto (ton)</b>	<b>6.266.167</b>	<b>5.414.927</b>	<b>3.731.000</b>	<b>6.000.000</b>	<b>2.000.000</b>	<b>890.000</b>
----------------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	----------------

Custo total de Transporte **R\$ 1.127.232.171,94**

### 5.1.3 Cenário 3: Variações dos Fretes e escoamento para Portos Alternativos e Resultados

O Valor do frete foi aumentado, conforme expresso na Tabela 29, para seis cidades em que o relatório de restrição do programa *Lindo*, conforme Anexo 8, informou a impossibilidade de alterar valores dos fretes cujo destino fosse o porto de Santos e cuja distribuição de quantidades transportadas estivessem no limite dos custos, para algumas cidades produtoras de soja da sub-área em estudo: Sorriso, Nova Ubiratã, Sapezal, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum e Alto Taquari. Ver Tabela 25. As demais permaneceram constantes.

Os fretes das cidades destacadas sofreram um aumento proposital de 10% em seus valores originais da Tabela 29 com destino para Santos. Tal aumento está respaldado na existência de períodos de chuva, que inviabilizam e dificultam a utilização do modal rodoviário como principal modal de transporte dos grãos do Mato-Grosso até os principais portos brasileiros e, ainda, em função do período de entressafra dos grãos, que diminui consideravelmente o fluxo de veículos ocasionando um aumento do preço do frete. No primeiro teste de sensibilidade do Cenário 3, não foi considerado, em um primeiro momento, o porto de Santarém como rota alternativa para dar mais credibilidade ao modelo. No entanto, em um segundo teste de sensibilidade, foi considerado uma capacidade portuária de Santarém proporcional ao porto de Itacoatiara de 2.000.000 de toneladas para manter um mesmo padrão de análise.

Em seguida, estão apresentados os resultados na Tabela 30 e 31 no caso de alteração de preço de frete sem o porto de Santarém, Tabela 30 e com utilização do porto de Santarém, Tabela 31 e, mais especificamente no anexo 9. Como pode ser visto, o *software* utilizado projetou uma nova distribuição de quantidades de soja produzidas nas cidades do Mato-Grosso e transportadas até os portos de destinos. Estimou-se, nesta nova configuração, e primeiro teste de sensibilidade, um custo total para o transporte de 8.146.767 toneladas de soja entre as cidades produtoras e os portos de destinos, exceto Santarém, no valor de R\$ 1.391.864.576,15.



Tabela 29 Custo de Transporte entre as Regiões de Produção de Soja e Todos os Possíveis Portos em R\$/ton, com Alteração no Frete em 10% para Santos

Custo: R\$/ Ton.		PORTOS											
		NO(15) j	Valor	NO(16) j	Valor	NO(17) j	Valor	NO(18) j	Valor	NO(19) j	Valor	NO(20) j	Valor
CIDADES	NÓ(i)	Santos	R\$/Ton.	Paranaguá	R\$/Ton.	Rio Grande	R\$/Ton.	Santarém	R\$/Ton.	Itacoatiara	R\$/Ton.	Itaqui	R\$/Ton.
Alta Floresta	1	C115	R\$ 246,00	C116	R\$ 210,00	C117	R\$ 283,59	C118	R\$ 83,69	C119	R\$ 224,99	C120	R\$ 335,98
Sinop	2	C215	R\$ 216,00	C216	R\$ 170,22	C217	R\$ 248,83	C218	R\$ 108,06	C219	R\$ 178,74	C220	R\$ 299,54
Sorriso	3*	C315	<b>R\$ 202,91</b>	C316	R\$ 182,16	C317	R\$ 244,74	C318	R\$ 116,74	C319	R\$ 187,06	C320	R\$ 296,30
Nova Ubiratã	4*	C415	<b>R\$ 195,80</b>	C416	R\$ 168,00	C417	R\$ 223,10	C418	R\$ 108,55	C419	R\$ 173,07	C420	R\$ 270,41
Sapezal	5*	C515	<b>R\$ 221,24</b>	C516	R\$ 196,38	C517	R\$ 254,02	C518	R\$ 163,82	C519	R\$ 269,34	C520	R\$ 306,20
Tapurah	6	C615	R\$ 208,00	C616	R\$ 178,00	C617	R\$ 248,63	C618	R\$ 132,07	C619	R\$ 201,17	C620	R\$ 300,87
Campo Novo do Parecis	7	C715	R\$ 186,13	C716	R\$ 180,25	C717	R\$ 254,60	C718	R\$ 196,89	C719	R\$ 270,60	C720	R\$ 308,64
Lucas do Rio Verde	8*	C815	<b>R\$ 222,20</b>	C816	R\$ 163,63	C817	R\$ 239,29	C818	R\$ 122,39	C819	R\$ 192,76	C820	R\$ 290,88
Nova Mutum	9*	C915	<b>R\$ 197,45</b>	C916	R\$ 174,02	C917	R\$ 241,46	C918	R\$ 136,18	C919	R\$ 209,65	C920	R\$ 295,33
Diamantino	10	C1015	R\$ 187,00	C1016	R\$ 172,00	C1017	R\$ 238,33	C1018	R\$ 180,31	C1019	R\$ 254,43	C1020	R\$ 292,68
Campo Verde	11	C1115	R\$ 147,15	C1116	R\$ 139,15	C1117	R\$ 220,56	C1118	R\$ 165,44	C1119	R\$ 235,85	C1120	R\$ 272,18
Primavera do Leste	12	C1215	R\$ 144,88	C1216	R\$ 124,27	C1217	R\$ 218,66	C1218	R\$ 166,10	C1219	R\$ 233,24	C1220	R\$ 267,89
Rondonópolis	13	C1315	R\$ 139,00	C1316	R\$ 114,47	C1317	R\$ 227,43	C1318	R\$ 173,92	C1319	R\$ 242,27	C1320	R\$ 227,52
Alto Taquari	14*	C1415	<b>R\$ 132,00</b>	C1416	R\$ 119,00	C1417	R\$ 179,84	C1418	R\$ 192,92	C1419	R\$ 262,28	C1420	R\$ 232,34

\*Municípios com fretes alterados em 10% para Santos

Tabela 30 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos sem Considerar a Rota Alternativa de Santarém

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Destino ( j )					
	Cidades	Santos	Paranaguá	Rio Grande	Santarém	Itacoatiara
Alta Floresta	0,00	921,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sinop	0,00	154.491,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sorriso	0,00	0,00	0,00	0,00	1.590.166,67	0,00
Nova Ubiratã	0,00	4.793,00	0,00	0,00	409.833,33	0,00
Sapezal	0,00	916.973,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Tapurah	0,00	662.076,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	731.840,33	162.428,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	715.503,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	0,00	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>731.840,33</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2.000.000,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>					
<b>Capacidade do porto (ton)</b>	<b>6.266.167</b>	<b>5.414.927</b>	<b>3.731.000</b>	<b>0</b>	<b>2.000.000</b>	<b>890.000</b>

Custo total de Transporte

**R\$ 1.391.864.576,15**

Estimou-se, em um segundo teste de sensibilidade, considerando a rota de Santarém no modelo proposto, um custo total para o transporte de 8.146.767 toneladas de soja entre as cidades produtoras e os portos de destinos no valor de R\$ 1.252.991.547,30. Sendo esse menor do que a simulação do primeiro teste na proporção de R\$ 138.873.028,85 como pode ser visualizado na Tabela 31.

Assim, torna-se necessário a utilização de um último cenário contrastante para as devidas conclusões sobre o modelo analisado. Tal cenário é composto por alterações simultâneas nos valores de fretes para os principais portos exportadores de grãos do Brasil: Santos e Paranaguá e modificações nas capacidades infra-estruturais dos portos alternativos de escoamento.

#### **5.1.4 Cenário 4: Variações dos Fretes, Escoamento para Portos Alternativos e Alterações em Capacidade Portuária e Resultados**

Tornou-se necessária uma análise de situações futuras que poderiam ocorrer em determinado cenário proposto; dessa forma, os fretes das cidades destacadas com asterisco (\*), destinados ao porto de Santos e de Paranaguá sofreram um aumento proposital de 10% em seus valores originais da Tabela 32. Tal aumento está respaldado na existência de períodos de chuva (sazonalidade), que inviabilizam e dificultam a utilização do modal rodoviário como principal modal de transporte dos grãos do Mato-Grosso e do Brasil até os principais portos brasileiros e, ainda, em função do período de entressafra dos grãos, que diminui consideravelmente o fluxo de veículos ocasionando um aumento do preço do frete.

No primeiro teste de sensibilidade do Cenário 4, não foi considerado, em um primeiro momento, o porto de Santarém como rota alternativa para dar mais credibilidade ao modelo. No entanto, em um segundo teste de sensibilidade, foi considerada uma capacidade portuária de Santarém proporcional ao porto de Itacoatiara de 2.000.000 de toneladas para manter um mesmo padrão de análise usado anteriormente e, em seguida, em um terceiro teste de sensibilidade, utilizou-se uma projeção de aumento de capacidade portuária de Itacoatiara para verificar se seriam interessantes novos investimentos infra-estruturais no porto.

Tabela 31 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos Considerando uma Capacidade para o Porto de Santarém de 2.000.000 de toneladas

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Destino ( j )					
	Santos	Paranaguá	Rio Grande	Santarém	Itacoatiara	São Luís
Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	921,67	0,00	0,00
Sinop	0,00	0,00	0,00	154.491,67	0,00	0,00
Sorriso	0,00	0,00	0,00	1.590.166,67	0,00	0,00
Nova Ubiratã	0,00	0,00	0,00	254.420,00	160.206,33	0,00
Sapezal	0,00	916.973,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Tapurah	0,00	662.076,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	571.634,00	322.634,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	715.503,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	0,00	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>571.634,00</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2.000.000,00</b>	<b>160.206,33</b>	<b>0,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>					

Capacidade do porto (ton)	6.266.167	5.414.927	3731000	2000000	2000000	890000
---------------------------	-----------	-----------	---------	---------	---------	--------

Custo total de Transporte **R\$ 1.252.991.547,30**

Tabela 32 Custo de Transporte entre as Regiões de Produção de Soja e Todos os Possíveis Portos em R\$/ton, com Alteração no Frete em 10% para Santos e Paranaguá

Custo: R\$/ Ton.		PORTOS											
		NO(15) j	Valor	NO(16) j	Valor	NO(17) j	Valor	NO(18) j	Valor	NO(19) j	Valor	NO(20) j	Valor
CIDADES	NO(i)	Santos	R\$/Ton.	Paranaguá	R\$/Ton.	Rio Grande	R\$/Ton.	Santarém	R\$/Ton.	Itacoatiara	R\$/Ton.	Itaqui	R\$/Ton.
Alta Floresta	1	C115	R\$ 246,00	C116	R\$ 210,00	C117	R\$ 283,59	C118	R\$ 83,69	C119	R\$ 224,99	C120	R\$ 335,98
Sinop	2	C215	R\$ 216,00	C216	R\$ 170,22	C217	R\$ 248,83	C218	R\$ 108,06	C219	R\$ 178,74	C220	R\$ 299,54
Sorriso	3*	C315	<b>R\$ 202,91</b>	C316	<b>R\$ 200,38</b>	C317	R\$ 244,74	C318	R\$ 116,74	C319	R\$ 187,06	C320	R\$ 296,30
Nova Uiratã	4*	C415	<b>R\$ 195,80</b>	C416	<b>R\$ 184,80</b>	C417	R\$ 223,10	C418	R\$ 108,55	C419	R\$ 173,07	C420	R\$ 270,41
Sapezal	5*	C515	<b>R\$ 221,24</b>	C516	<b>R\$ 216,02</b>	C517	R\$ 254,02	C518	R\$ 163,82	C519	R\$ 269,34	C520	R\$ 306,20
Tapurah	6	C615	R\$ 208,00	C616	R\$ 178,00	C617	R\$ 248,63	C618	R\$ 132,07	C619	R\$ 201,17	C620	R\$ 300,87
Campo Novo do Parecis	7	C715	R\$ 186,13	C716	R\$ 180,25	C717	R\$ 254,60	C718	R\$ 196,89	C719	R\$ 270,60	C720	R\$ 308,64
Lucas do Rio Verde	8*	C815	<b>R\$ 222,20</b>	C816	<b>R\$ 179,99</b>	C817	R\$ 239,29	C818	R\$ 122,39	C819	R\$ 192,76	C820	R\$ 290,88
Nova Mutum	9*	C915	<b>R\$ 197,45</b>	C916	<b>R\$ 191,42</b>	C917	R\$ 241,46	C918	R\$ 136,18	C919	R\$ 209,65	C920	R\$ 295,33
Diamantino	10	C1015	R\$ 187,00	C1016	R\$ 172,00	C1017	R\$ 238,33	C1018	R\$ 180,31	C1019	R\$ 254,43	C1020	R\$ 292,68
Campo Verde	11	C1115	R\$ 147,15	C1116	R\$ 139,15	C1117	R\$ 220,56	C1118	R\$ 165,44	C1119	R\$ 235,85	C1120	R\$ 272,18
Primavera do Leste	12	C1215	R\$ 144,88	C1216	R\$ 124,27	C1217	R\$ 218,66	C1218	R\$ 166,10	C1219	R\$ 233,24	C1220	R\$ 267,89
Rondonópolis	13	C1315	R\$ 139,00	C1316	R\$ 114,47	C1317	R\$ 227,43	C1318	R\$ 173,92	C1319	R\$ 242,27	C1320	R\$ 227,52
Alto Taquari	14*	C1415	<b>R\$ 132,00</b>	C1416	<b>R\$ 130,90</b>	C1417	R\$ 179,84	C1418	R\$ 192,92	C1419	R\$ 262,28	C1420	R\$ 232,34

\*Municípios com fretes alterados em 10% para Santos e Paranaguá

Os resultados do cenário 4 podem ser verificados nas Tabelas 33, 34 e 35 a seguir, que, após utilização do *software*, encontrou-se um custo total no primeiro teste de sensibilidade, conforme Tabela 33 e anexo 10, sem considerar Santarém como rota alternativa, um valor de R\$ 1.433.228.626,98. No entanto, percebe-se uma ocupação total da capacidade do porto de Itacoatiara pelo escoamento da produção das cidades de Sorriso e Nova Uiratã, identificando-se novas características aos fluxos de transportes até então destacados.

No segundo teste de sensibilidade, inseriu-se o porto de Santarém como possibilidade de rota alternativa e capacidade de 2.000.000 de toneladas. O resultado, como pode ser visto na Tabela 34 e anexo 11, foi de uma redução no custo total para R\$ 1.294.385.326,32, reconfigurando novamente uma distribuição para Santarém, das cidades de Sorriso e Nova Uiratã, em detrimento de Itacoatiara. Portanto, para testar novamente a sensibilidade do modelo e a capacidade de exportação por Itacoatiara, projetou-se um aumento proposital no porto de Itacoatiara para 5.000.000 de toneladas, excluindo o porto de Santarém do modelo para que o mesmo não influencie na reconfiguração do cenário.

Os resultados podem ser visualizados na Tabela 35 e, mais detalhadamente no anexo 12, configurando novamente uma distribuição a partir das cidades de Sorriso e Nova Uiratã para Itacoatiara; no entanto, foi feita uma utilização de apenas 2.004.793 toneladas da capacidade de 5.000.000 disponível. O resultado foi um custo total proporcional ao do primeiro teste de sensibilidade no valor de R\$ 1.433.152.677,10, ou seja, uma redução de apenas R\$ 75.949,88 e quase nenhuma alteração nas distribuições das demais cidades para os portos já demonstrados no primeiro teste.

Tabela 33 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos e Paranaguá sem Considerar a Rota Alternativa de Santarém

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Destino ( j )					
	Santos	Paranaguá	Rio Grande	Santarém	Itacoatiara	São Luís
Origens ( i )						
Cidades						
Alta Floresta	0,00	921,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sinop	0,00	154.491,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sorriso	4.793,00	0,00	0,00	0,00	1.585.373,67	0,00
Nova Ubiratã	0,00	0,00	0,00	0,00	414.626,33	0,00
Sapezal	534.027,33	382.946,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Tapurah	0,00	662.076,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	715.503,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>731.840,33</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2.000.000,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>					
<b>Capacidade do porto (ton)</b>	<b>6.266.167</b>	<b>5.414.927</b>	<b>3731000</b>	<b>0</b>	<b>2000000</b>	<b>890000</b>

Custo total de Transporte **R\$ 1.433.228.626,98**

Tabela 34 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos e Paranaguá Considerando uma Capacidade para o Porto de Santarém de 2.000.000 de toneladas

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Destino ( j )					
	Santos	Paranaguá	Rio Grande	Santarém	Itacoatiara	São Luís
Origens ( i )						
Cidades						
Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	921,67	0,00	0,00
Sinop	0,00	0,00	0,00	154.491,67	0,00	0,00
Sorriso	0,00	0,00	0,00	1.590.166,67	0,00	0,00
Nova Ubiratã	0,00	0,00	0,00	254.420,00	160.206,33	0,00
Sapezal	378.614,00	538.359,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Tapurah	0,00	662.076,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	715.503,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>571.634,00</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2.000.000,00</b>	<b>160.206,33</b>	<b>0,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>					
<b>Capacidade do porto (ton)</b>	<b>6.266.167</b>	<b>5.414.927</b>	<b>3731000</b>	<b>2000000</b>	<b>2000000</b>	<b>890000</b>

Custo total de Transporte **R\$ 1.294.385.326,32**



Tabela 35 Resultados Computacionais pelo *Lindo*, em ton, com Alterações nos Valores de Frete em 10% para Santos e Paranaguá Considerando uma Capacidade para o Porto de Itacoatiara de 5.000.000 de toneladas sem Considerar a Rota Alternativa de Santarém no Modelo

Carga Transportada (ton) - Kij	PORTOS					
	Destino ( j )					
	<i>Santos</i>	<i>Paranaguá</i>	<i>Rio Grande</i>	<i>Santarém</i>	<i>Itacoatiara</i>	<i>São Luís</i>
Origens ( i )						
Cidades						
Alta Floresta	0,00	921,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sinop	0,00	154.491,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sorriso	0,00	0,00	0,00	0,00	1.590.166,67	0,00
Nova Ubiratã	0,00	0,00	0,00	0,00	414.626,33	0,00
Sapezal	534.027,33	382.946,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Tapurah	0,00	662.076,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Novo do Parecis	0,00	894.268,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	0,00	599.447,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Mutum	0,00	715.503,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diamantino	0,00	712.012,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Verde	0,00	388.174,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera do Leste	0,00	725.238,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	0,00	179.847,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Taquari	193.020,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>727.047,33</b>	<b>5.414.927,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2.004.793,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>8.146.767,33</b>					
<b>Capacidade do porto (ton)</b>	<b>6.266.167</b>	<b>5.414.927</b>	<b>3.731.000</b>	<b>0</b>	<b>5.000.000</b>	<b>890.000</b>

Custo total de Transporte **R\$ 1.433.152.677,10**

## 5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No primeiro cenário, percebe-se uma distribuição das quantidades transportadas entre os pólos produtores e os portos de destinos no total de 8.146.767,33. A distribuição obedeceu a seguinte ordem: Sorriso, Sapezal e Alto Taquari transportaram toda sua produção através do porto de Santos, a cidade de Nova Mutum dividiu sua produção, transportando 31.680 toneladas por Santos e 683.823 ton por Paranaguá. Enquanto que as demais cidades transportaram por Paranaguá, exclusivamente, devido ao custo do transporte ser bem inferior ao de Santos. Tais distribuições foram projetadas pelo programa *Lindo* como a melhor alternativa de minimização de custo total que, no primeiro cenário ficou, em torno de R\$ 1.386.071.317,97.

Assim, para testar se o modelo era sensível às variações exógenas, realizou-se o aumento de 10% nos valores dos fretes de cinco cidades: Sorriso, Nova Ubitatã, Sapezal, Nova Mutum e Alto Taquari, ficando as demais constantes. Desta vez, a cidade de Sorriso, Sapezal e Nova Mutum transportaram toda sua produção pelo porto de Paranaguá, enquanto que Alto Taquari, continuou transportando por Santos, e Nova Ubitatã transportando por Paranaguá. Essa nova redistribuição foi em função do aumento dos valores de frete com destino a Santos, ocasionando um custo total de R\$ 1.410.464.186,10, ou seja, um acréscimo de R\$ 24.392.868,13 em relação ao primeiro teste.

No segundo teste de sensibilidade do modelo proposto no cenário 1, projetou-se um aumento no desempenho da infra-estrutura portuária de Paranaguá em aproximadamente um milhão de toneladas de grãos. Isso ocasionou uma redistribuição das quantidades transportadas para os portos de destino, ou seja, apenas as cidades de Sorriso e Alto Taquari transportaram sua produção para o porto de Santos, enquanto as demais cidades transportaram para o porto de Paranaguá. O que significa que, como os custos de fretes para o porto de Paranaguá são bem menores do que para o porto de Santos, o investimento em melhoria portuária traria uma redução significativa no custo total de transporte. Essa nova redistribuição proporcionaria uma redução no valor do custo total para

R\$ 1.381.423.990,09 ou seja, uma redução de R\$ 29.040.196,01 em relação ao teste de sensibilidade anterior e R\$ 4.647.327,88 a menos em relação ao teste de sensibilidade 1.

No segundo cenário, quando são considerados os seis portos como desejo de rota alternativa para o escoamento de 8.146.767,33 toneladas, com exceção do porto de Santarém, percebe-se uma distribuição das quantidades transportadas principalmente para os portos de Santos e Paranaguá, equivalente ao cenário 1; no entanto, a cidade de Nova Ubitatã distribui sua produção entre o porto de Paranaguá e o porto de Itacoatiara na proporção de 382.946,33 e 31.680,00 respectivamente. Ou seja, a única influência em relação ao custo total do cenário 1 é uma redução de apenas R\$ 12.988,80 que reflete a quantidade de 31.680 toneladas, que no primeiro cenário foi transportada por Santos e, neste cenário, por Itacoatiara. Assim, o custo total foi de R\$ 1.386.058.329,17.

Para testar se o modelo era sensível as variações exógenas, projetou-se um primeiro teste de sensibilidade no cenário 2 com a inclusão do porto de Santarém como possível rota alternativa e com capacidade de 2.000.000 de toneladas. O resultado foi uma distribuição integral das cidades de Alta Floresta, Sinop e Sorriso para essa nova rota e, uma distribuição da quantidade transportada por Nova Ubitatã, entre Paranaguá (160.206,33) e Santarém (254.420,00). Ou seja, toda a capacidade portuária de Santarém foi ocupada e as demais distribuições se destinaram ao porto de Paranaguá, exceto Sapezal, distribuindo entre Santos e Paranaguá, pois a capacidade de Paranaguá já estava completamente utilizada e, Alto taquari, transportando toda a produção por Santos. Desta vez, os custos totais foram de R\$ 1.251.570.509,85.

No segundo teste de sensibilidade, do modelo proposto no cenário 2, projetou-se novamente um aumento no desempenho da infra-estrutura portuária de Santarém para cinco milhões de toneladas de grãos. Isso ocasionou uma nova redistribuição das quantidades transportadas para os portos de destino, ou seja, nenhuma cidade escolheria o porto de Santos, Rio Grande, São Luís e Itacoatiara como alternativa viável para minimização do custo total. Assim, apenas os portos

de Paranaguá e Santarém seriam utilizados, na proporção de 3.146.767,33 e 5.000.000 milhões de toneladas respectivamente, proporcionando, desta forma, uma redução de custo para R\$ 1.128.997.130,15, ou seja, uma redução significativa de R\$ 122.573.379,70 em relação ao primeiro teste de sensibilidade do cenário 2.

Em função dessa distribuição realizada após a segunda simulação no cenário 2, tornou-se necessário um novo aumento de capacidade portuária para Santarém na proporção de 6.000.000 de toneladas como forma de testar uma nova sensibilidade no modelo. Desta vez, não houve nenhuma alteração significativa, pois as distribuições permaneceram as mesmas, com exceção da cidade de Sapezal que, no teste de sensibilidade 02, distribuía sua produção entre Paranaguá e Santarém. Nesse novo teste fez-se a opção de escoar toda sua produção pelo porto de Santarém como forma de reduzir custos.

Portanto, pode-se dizer que qualquer investimento em aumento de capacidade portuária acima de 5.000.000 de toneladas para o porto de Santarém, seria inviável. Pois o máximo, baseado nos custos projetados a partir das distâncias entre os pólos produtores e os portos de destino, que o porto suportaria, seria de 5.0054.206,33. Isso faz com que não haja grandes alterações significativas, no custo total do cenário 2, à partir do terceiro teste de sensibilidade, girando em torno de R\$ 1.127.232.171,94.

Com relação ao terceiro cenário, para testar se o modelo era sensível as variações exógenas, realizou-se o aumento de 10% nos valores dos fretes de seis cidades com destino para o porto de Santos: Sorriso, Nova Ubiratã, Sapezal, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum e Alto Taquari, ficando as demais constantes e retirou-se o porto de Santarém do primeiro teste proposto. Tais cidades foram escolhidas baseadas nos relatórios de sensibilidade de fretes propostos pelo programa *Lindo* e destacados na Tabela 25 anterior e nos anexos dessa dissertação. Desta vez, a cidade de Sorriso e Nova Ubiratã transportaram quase todas as suas produções pelo porto de Itacoatiara, proporcionando uma nova configuração no cenário 3 proposto, o qual, pelo porto de Santos só foi transportada parte da produção de

Campo Novo do Parecis, enquanto que as demais produções das cidades do modelo, foram transportadas pelo porto de Paranaguá. Essa configuração projetou um custo total de R\$ 1.391.864.576,15.

Em um segundo teste de sensibilidade, foram mantidas todas as variáveis do teste anterior, com exceção da exclusão do porto de Santarém do modelo. Assim, ao projetar um novo teste com a utilização da capacidade do porto de Santarém em 2.000.000 de toneladas, o resultado do custo total foi reduzido para R\$ 1.252.991.547,30, ou seja, praticamente toda distribuição realizada pelas cidades de Sorriso e Nova Ubiratã para o porto de Itacoatiara no teste anterior, foram projetadas para o porto de Santarém, bem como as produções das cidades de Alta Floresta e Sinop, que antes haviam projetado suas produções para porto de Paranaguá, também fizeram a opção pelo porto de Santarém. Essa nova configuração é justificada por proporções de custos menores entre essas cidades e o porto referido.

Contudo, tornou-se necessário um quarto cenário de análise proposto, como forma de subsidiar as conclusões gerais sobre o modelo analisado. Nesse caso, para testar novamente se o modelo era sensível às variações exógenas, realizou-se o aumento de 10% nos valores dos fretes de seis cidades com destino para o porto de Santos e Paranaguá simultaneamente: Sorriso, Nova Ubiratã, Sapezal, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum e Alto Taquari, ficando as demais constantes e retirou-se o porto de Santarém do primeiro teste já que não é considerado uma rota plenamente trafegável.

O resultado foi de aumento do custo total, em relação ao cenário anterior, para R\$ 1.433.228.626,98 em um primeiro momento, justificados pelos aumentos proporcionais dos valores dos fretes com destinos aos principais portos de exportação do Brasil, Santos e Paranaguá. No entanto, a distribuição de 8.146.767 milhões de toneladas de soja concentraram-se nos portos de Santos, Paranaguá e Itacoatiara, na proporção de 731.840,33, 5.414.927,00 e 2.000.000, respectivamente, ou seja, toda a capacidade dos portos de Paranaguá e Itacoatiara foram utilizadas e, somente após isso, foram redistribuídas as quantidades para o

porto de Santos. As Cidades de Sorriso e Nova Ubiratã, bem como no cenário 03, foram enviadas para o porto de Itacoatiara em sua maior parte, justificados por não incluir o porto de Santarém no primeiro teste de sensibilidade.

Desta forma, em um segundo teste de sensibilidade, foram mantidas todas as variáveis do teste anterior, com exceção da exclusão do porto de Santarém do modelo. Assim, ao projetar um novo teste com a utilização da capacidade do porto de Santarém em 2.000.000 de toneladas, o resultado do custo total foi reduzido significativamente para R\$ 1.294.385.326,32, ou seja, uma redução de aproximadamente 11% (R\$ 138.843.300,66) em relação ao teste anterior.

A distribuição 8.146.767 milhões de toneladas à partir das 14 principais cidades produtoras do Mato Grosso se concentrou nos portos de Santos, Paranaguá, Itacoatiara e Santarém. Para o porto de Santarém, toda a capacidade foi utilizada a partir do escoamento das produções das cidades de Alta Floresta, Sinop, Sorriso e parte da produção de Nova Ubiratã, num total de 2.000.000 de toneladas; para o porto de Itacoatiara, foi destinado apenas parte da produção da cidade de Nova Ubiratã (160.206,33); para o porto de Santos, foram destinadas as produções de Alto Taquari e parte da produção de Sapezal, num total de apenas 571.634 mil toneladas e, para o porto de Paranaguá, foram destinadas as produções das demais cidades, no total de 5.414.927,00, ocupando sua capacidade máxima.

Para um último teste de sensibilidade no cenário 4 proposto, novamente se exclui o porto de Santarém do modelo, por ser uma rota idealizada e não utilizada, constantemente devido às péssimas condições da BR 163, e se projeta um aumento na capacidade portuária de Itacoatiara para 5.000.000 de toneladas, justificados devido à ocupação total da capacidade portuária de Itacoatiara (2.000.000 de toneladas) no primeiro teste de sensibilidade do atual cenário sugerindo possíveis alterações na configuração do mesmo. Assim, o resultado foi um custo total equivalente ao do primeiro teste de sensibilidade do cenário 4 de R\$ 1.433.152.677,10, ou seja, uma redução de apenas R\$ 75.949,88 nos custos totais. A configuração da distribuição também se manteve equivalente ao do

primeiro teste, concentrado uma distribuição para os portos de Santos, Paranaguá e Itacoatiara, na proporção de 727.047,33; 5.414.927 e 2.004.793,00 respectivamente.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo analisar a logística de transporte de grãos de soja do Estado do Mato-Grosso a partir da projeção de cenários de desenvolvimento econômico de redes alternativas de transporte buscando identificar as melhores rotas de transportes para respaldar a competitividade do referido Estado no cenário mundial.

O que os dados demonstram é que após todas as alterações realizadas nas variáveis exógenas, percebeu-se a eficiência do modelo proposto e a comprovação de sua sensibilidade em relação a todos os cenários de desenvolvimento propostos. Mostrou-se, também, a eficiência dos mesmos com relação às possíveis adaptações mercadológicas proporcionadas por acréscimos ou decréscimos em valores de fretes para o transporte de soja e com relação às possíveis melhorias em infra-estrutura portuária.

Sendo assim, o modelo torna-se capaz de ser utilizado para a análise logística de redes de transporte, dentro de uma visão regional prospectiva de desenvolvimento do setor agrícola da soja, possibilitando a identificação de barreiras e facilitadores na integração logística da cadeia produtiva, no que se refere aos investimentos no setor de transporte. Analiticamente, a programação linear seria a ferramenta matemática de ordem quantitativa tendo, num sentido mais amplo, um cenário de desenvolvimento econômico com sua rede de transporte característica.

Nos cenários de desenvolvimentos propostos nesse trabalho, perceberam-se algumas conclusões básicas e pertinentes no que se refere principalmente às rotas atuais de escoamento de soja e às sugestões de possíveis investimentos governamentais no setor, a partir dos dados demonstrados.

Paranaguá continua sendo a alternativa mais viável para todos os possíveis escoamentos a partir do estado do Mato-Grosso. Em todos os cenários propostos, mesmo com a implementação de outros portos e novas rotas com



custos mais baixos, o porto de Paranaguá ainda teria grandes demandas, o que justificaria investimentos na região. No entanto, outro porto mais utilizado para o escoamento da produção de soja do Brasil, o porto de Santos, não justificaria melhorias ou investimentos, quando fosse viabilizada a implementação da rodovia Cuiabá-Santarém como rota alternativa, pois dessa forma, não teria demanda no que se refere ao escoamento da produção do agronegócio da soja do centro-oeste em muitos cenários analisados, perdendo, muitas vezes, para o porto de Itacoatiara, rota já utilizada atualmente.

O porto de Santarém justificaria maciços investimentos governamentais, bem como a BR-163, por apresentar custos mais baixos de transportes, em função das menores distâncias, em vários cenários analisados, no que se refere ao escoamento da produção do Mato-Grosso pelo porto de Santarém. Contribuindo dessa forma, para o desenvolvimento regional das cidades ao longo da rodovia BR-163 e de Santarém, bem como, para a competitividade da soja no cenário internacional. No entanto, os cenários analisados demonstraram que esses investimentos, em melhoria infra-estrutural do porto, não podem ultrapassar uma capacidade de 5.000.000 de toneladas, pois, acima disso, não acontece nenhuma alteração nos cenários propostos de minimização de custo total ou redistribuição de rotas de escoamento.

A pavimentação da Cuiabá-Santarém e a conseqüente minimização dos custos e desperdícios, com a viabilização desse novo corredor de transporte (BR-163) e após as melhorias infra-estruturais, minimizar-se-iam as distâncias para o escoamento da soja para mercado internacional e os fretes de transportes multimodais e transbordos adicionais, tornando a soja brasileira mais competitiva no mercado internacional, conforme demonstrações analíticas dos modelos de programação linear propostos em vários cenários analisados anteriormente. A importância da pavimentação da BR-163 para Santarém, Pará e Brasil é enorme. Em Santarém, o asfaltamento da BR-163 pode estabelecer a cidade como porto internacional para a exportação de madeira, soja e até mercadoria do sul. Para o Mato Grosso, a pavimentação da BR-163 pode reduzir em R\$3,00 por saca o preço de transportar a soja para um porto internacional, representando uma economia de

R\$ 150 milhões de reais por ano. Para o setor madeireiro, que já instalou mais de 120 serrarias no trecho paraense da BR-163, o asfalto levará a transformação da sua indústria, viabilizando a entrada no mercado do sul do Brasil, e aumentando o lucro da madeira exportada através de Santarém. O preço de mandar um metro cúbico de madeira para o porto cairá de R\$ 200,00, na época chuvosa, para R\$ 40,00.

O Porto de Itacoatiara se mostrou sensível para o escoamento da soja do Mato-Grosso, desde que o porto de Santarém não faça parte do modelo de programação linear proposto. No entanto, a capacidade portuária de Itacoatiara só é viável até 2.000.000 de toneladas, pois, qualquer projeção acima desse valor, não modifica nenhum cenário analisado no que se refere a minimização dos custos totais ou a redistribuição das quantidades de produção transportadas para os demais portos propostos

Os portos de Itaquí e Rio Grande não justificariam investimentos específicos no que se refere ao escoamento da soja do Mato Grosso, na medida em que, em nenhum dos cenários propostos, houve qualquer quantidade transportada de soja para esses portos. Isso se justifica, pelas distâncias proporcionais de cada porto em relação a produção de soja do Mato Grosso, respaldando o modelo de *Von Thünen*.

No que se refere aos aspectos qualitativos de análise subjetiva, pode-se dizer que o modelo do “Diamante” de Porter complementa esse trabalho quando se aplica ao Estado do Mato-Grosso e respalda a competitividade do mesmo, correlacionando os quatro determinantes básicos.

No modelo do “Diamante” de Porter, as Condições de Fatores basicamente expressam a posição do país nos fatores de produção, como trabalho especializado, infra-estrutura, dentre outros, foi descrita como disponibilidade de *recursos humanos* em quantidade, capacidade, custos de pessoal, *recursos físicos ou naturais*, referentes à abundância, qualidade, acessibilidade e custo da terra, água, minérios, fontes energéticas e outras características físicas do país, *recursos*

*de conhecimentos*, demonstrado pelo acervo técnico que o país tem em conhecimentos científicos, técnicos e de mercado referentes a bens e serviços, *recursos de capital*, referente ao total existente em capital e o seu custo para investimento na indústria; *infra-estrutura*, referente a tipo qualidade e valor de uso dessa infra-estrutura disponível, afetando a competitividade, principalmente referente aos sistemas de transportes, telecomunicações etc.

Na pesquisa em pauta, evidenciou-se que uma melhoria contínua nas Condições de Fatores, onde está alocada a infra-estrutura como prerrogativa básica para o sucesso do modelo, poderiam corrigir o principal problema de escoamento de grãos do centro-oeste (Mato-Grosso). Na verdade, problemas esses expressos por dificuldades de se manter preços altamente competitivos no mercado internacional, em função da ausência de uma Infra-estrutura de transportes viável para o escoamento dos grãos. Tal infra-estrutura existente incorpora diversos fretes adicionais por motivos de utilização de transportes multimodais e transbordos adicionais, ao preço do grão exportado, inviabilizando dessa forma sua competitividade. No entanto, com a utilização dos modelos de programação linear propostos nos diversos cenários analisados, os custos totais desse escoamento podem diminuir substancialmente, compensando esse problema infra-estrutural.

Além disso, a melhoria na infra-estrutura não apenas reduzirá o frete do produto final, como também diminuirá o custo de produção, pois disponibilizará insumos a custos mais baixos. Outro fator importante é que as regiões dos cerrados analisadas são as mais distantes dos portos do norte do país, sendo que novas áreas devem ser incorporadas ao processo produtivo com muito mais competitividade. Assim, os ganhos que a região de cerrados terá com a melhoria da infra-estrutura tendem a torná-la a principal região produtora de grãos do país em um curto espaço de tempo.

No entanto, uma nova alternativa de transporte é colocada à disposição, como saída para a minimização dos custos adicionais incorporados ao preço da soja, a fim de que essa consiga compensar os preços mantidos pelo principal país

competidor (EUA), com um produto subsidiado pelo governo americano, e dessa forma se torne mais competitiva no mercado internacional em busca dos principais continentes demandantes como a Ásia e a Europa. Para isso, o Brasil teria que considerar a rota alternativa expressa pela BR-163, que interliga as cidades de Cuiabá (Mato-Grosso) à Santarém (Pará), e alguns outros portos alternativos, como foi realizado no modelo de programação linear proposto e respaldado nos cenários analisados.

A distância entre os dois pontos (Cuiabá e Santarém) está em torno de 1.323 Km e, através da via rodoviária, levaria em torno de 2 a 3 dias para executar o trajeto apenas com um tipo de modal utilizado, o rodoviário. Enquanto as alternativas atuais, com distâncias quase que duplicadas, 2.104 Km até o porto de Santos e 2.193 Km até o porto de Paranaguá, levam aproximadamente 05 dias. Isso proporcionaria uma economia de 870 Km aproximadamente no que se refere as distâncias e aos custos de fretes proporcionais como foi demonstrado nos cenários analisados anteriormente.

Com relação às Condições de Demanda, ou seja, à natureza da demanda interna para os produtos ou serviços da indústria, pode-se dizer que são alguns dos produtos mais importantes da determinação da vantagem competitiva nacional, pois ela determina os rumos e o caráter da melhoria e inovação feita pelas empresas do país. Está diretamente relacionada à exigência que o mercado tem pela qualidade dos produtos, o que fica bem claro com o aumento do consumo de vegetais no país para alimentação.

Em relação ao consumo da soja, decorrente do aumento do consumo interno de carnes proporcionado pelo Plano Real, verifica-se um aumento da demanda interna de farelo de soja destinado à ração animal. Nos últimos 30 anos, as mudanças de hábitos alimentares provocaram um aumento do consumo *per capita* de carnes. Em 1970 o consumo no mundo era de 27,2 Kg por pessoa/ano e, em 2002, o mesmo chegou em 38,7Kg, ou seja, a humanidade está mudando sua dieta e aumentando a participação de proteína animal, com o crescimento no consumo de 42,3%.

O aumento mais acentuado foi do consumo de carnes brancas (frango e suíno). Para a produção dessas carnes são necessárias proteínas vegetais, sendo que 68% da produção mundial de proteínas vegetais advêm da soja, ou seja, não se pode analisar o preço da soja apenas avaliando a sua produção, seu consumo e estoque, mas a mudança de hábitos alimentares e o PIB per capita, principalmente dos países em desenvolvimento que estão crescendo mais vegetativamente e economicamente do que os países desenvolvidos.

Assim, há uma necessidade de se estimular a demanda interna para determinação da vantagem competitiva nacional. Percebe-se um incremento substancial nesse setor, com relação à soja no mercado doméstico por soja grão, para transformá-lo em óleo e gorduras de soja, líder absoluto no mercado brasileiro destes produtos para consumo humano em cocção ou insumo para indústrias variadas.

As Indústrias Correlatas e de Apoio exigem a presença ou ausência, no país, de indústrias abastecedoras e indústrias correlatas que sejam internacionalmente competitivas. Esse ponto refere-se à indústria fornecedora de máquinas para extração processamento, condicionamento, refino da soja e seus derivados. Isso se verifica no Mato Grosso brasileiro, através das empresas que beneficiam a soja em grão e industrializam o óleo e o farelo de soja no mercado interno como um grande *Cluster* (Aglomerado).

Com relação à Estratégia, estrutura e rivalidade das empresas, pode-se dizer que são as condições que, no país, governam a maneira pela qual as empresas são criadas, organizadas e dirigidas, adicionando a natureza da rivalidade interna.

O que mais influencia a vantagem competitiva é a rivalidade no próprio país, a qual mantém o dinamismo da indústria e gera constante pressão para melhoria e inovação. A rivalidade local força as empresas a desenvolver novos produtos, a melhorar os existentes, a baixar custos e preços, a desenvolver novas tecnologias e a melhorar a qualidade e os serviços, pois o centro-oeste brasileiro

possui diversos concorrentes locacionais da região como Sinop, Sorriso, Alta Floresta – no Estado do Mato-Grosso e outros Estados produtores, como o Estado do Paraná e o Estado do Mato Grosso do Sul, como principais Estados produtores exportadores de grãos.

Por fim, com a integração total do “Diamante” aplicado ao Estado do Mato-Grosso, sugere-se, após um estudo mais detalhado sobre o assunto, que a competitividade também poderia ser comprovada subjetivamente, tornando necessário um planejamento governamental bem estruturado da região para que todas as possibilidades de desenvolvimento, bem como, todos os anseios da sociedade sejam considerados e esse processo não seja excludente nem demasiadamente impactante. Para isso, deve-se consultar a população envolvida e a sociedade como um todo, para que esse processo seja válido e sólido e possa almejar o desenvolvimento regional e sustentável proporcionando uma maior sinergia entre os agentes e uma conseqüente melhoria no ambiente dos negócios.

No aspecto executivo em si, o trabalho apresentou algumas limitações com relação à coleta de dados, conforme discriminado ao longo do texto. As principais se referem às fontes de informação para todos os fretes utilizados nesse trabalho, por isso a necessidade de utilizar uma projeção entre os custos por tonelada/quilometro e as distâncias das cidades. Outra limitação foi na identificação das capacidades portuárias exatas de cada rota alternativa projetada no modelo, que precisou ser descrita estatisticamente a partir do volume anual das exportações e, a partir daí, utilizar-se de uma média proporcional.

Como sugestão de novos trabalhos, aconselha-se que uma análise, através de um modelo que leve em consideração a capacidade viária, poderia verificar se os gargalos de escoamento de grãos encontram-se somente na questão infra-estrutural do transporte ou realmente nas capacidades portuárias.

Alem disso, seria interessante analisar o impacto ambiental do avanço da sojicultura do Estado do Mato-Grosso, bem como seus custos associados, inclusive, com a implementação da rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém) e o impacto

na expansão da pecuária, permitindo quantificar esse impacto e identificar formas de minimizar esse processo.

Bem como, um estudo aprofundado do “Diamante” para comprovação da competitividade de forma subjetiva levando em consideração todas as estruturas que compõem o “Diamante” de Porter em uma análise setorial e de campo.

Por fim, um estudo que levasse em consideração um modelo de Programação Linear que avaliasse todas as restrições não consideradas no modelo proposto nesta dissertação como: capacidade modal; infra-estrutura viária; impactos ambientais em nível de custos; custo da pavimentação da Cuiabá-Santarém; custos de todos os transbordos de acordo com modal utilizado e capacidade portuária não baseada em volumes de exportações, mas sim, em capacidade portuária.

## REFERÊNCIAS

ABIOVE. Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais. *Evolução e perspectivas do mercado de soja e derivados*. São Paulo, 1990.

ABNT. Associação Brasileira de normas Técnicas. NBR 14724. *Trabalhos Acadêmicos: apresentação*. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 6027. *Sumário: apresentação*. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. NBR 6026. *Referências: elaboração*. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. NBR 10520. *Citações: apresentação*. Rio de Janeiro, 2002.

AGRICULTURA. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/cna/index.wsp>>. Acesso em. 02 abr. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php>>. Acesso em. 02 abr. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>>. Acesso em. 15 mai. 2006.

AGROANALYSIS. Ciência e Tecnologia, Agilidade e Flexibilidade na Gestão. Mato Grosso – A Soja do Mato Grosso. *A Revista de Agronegócios da FGV*. Instituto Brasileiro de Economia, V.22, N: 04 Abr. 2002.

ARBAGE, Alessandro P. *Análise Econômica do Transporte de Soja em Grão no Estado do Rio Grande do Sul: O caso do Porto de Cachoeira do Sul*. 111p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Faculdade de Ciências Econômicas. Porto Alegre, 1994.

ÁVILA, H. A.; SANTOS, M. P. S. Cenários: o estudo de futuros alternativos. *Ciência e Cultura*, v.41, n.3, p.241- 49, mar., 1989.

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística empresarial* / Ronald H. Ballou; tradução Elias Pereira. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. *Cenários para a Economia Brasileira - 1987/2000*. Rio de Janeiro, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social,1986. (Estudo Técnico)

BENEKE, R ; WINTERBOER, R. *Linear Programming and Applications to Agriculture*. Iowa: The Iowa State University Press, 1973.

BOULDING, Kenneth E.; SPIVEY, W Allen. *Linear Programming and the theory of the firm*. New York: The Macmillan Company,1963.

BREGALDA, Paulo Fábio *et al. Introdução à Programação Linear*. Rio de Janeiro: Campus, 1981.



CAIXETA FILHO, J. V. *Pesquisa Operacional: Técnicas de Otimização Aplicadas a Sistemas Agroindustriais*. 2: ed São Paulo: Atlas, 2004.

CAIXETA FILHO, J.V.; SILVA, N.D.V.; GAMEIRO, A.H. et al. Competitividade no agribusines: a questão do transporte em um contexto logístico (compact disc.). In: *COMPETITIVIDADE NO AGRIBUSINESS BRASILEIRO*, São Paulo, 1999. *Trabalhos*. São Paulo: PENSA/FIA/FEA/USP, 1999. v.5: v.3.

CNS. Conselho Nacional de Saúde. *Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos*. Resolução 196/96. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/bioetica/res19696.htm>>. Acesso em. 15 out. 2006.

COUTINHO, L. Desigualdades regionais: uma revisão de literatura. *Conjuntura Econômica*, v.13, n.3, p.63-74, jul./set., 1973.

CROWLEY, Virgil E. *Using Linear Programming as a farm management tool in Pennsylvania*. The Pennsylvania State University, special circular 136, 1970.

DORFMAN, R et al. *Linear Programming and Economic Analysis*. New York: Mc Graw Hill Book Company, 1958.

DE ZEN, S. *Diversificação como forma de gerenciamento de risco na agricultura*. Piracicaba, 2002. 107p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

EGBERT, Alvin C.; HEADY, Earl O. *Regional Analysis of production adjustments in the major field crops: Historical and prospective*. Technical Bulletin n 124. U.S Department of Agriculture, in cooperation with the Iowa State University, 1963.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Soja: dados econômicos*. Rio de Janeiro, 2005.

ESTATÍSTICAS. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em. 10 jun. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em. 20 mar. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em. 17 jul. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em. 10 jul. 2003.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em. 17 jul. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em. 11 Jul. 2003.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em. 10 Nov. 2006.

FERRAZ, João Carlos; KUPFER, David; HAGUENAUER, Lia. *Made in Brazil: desafios competitivos para indústria*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

FERREIRA, Gabriela C. *Complexo Soja no Brasil*. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Faculdade de Ciências Econômicas. Porto Alegre, 1996.

FERREIRA, L.R.; BURNQUIST, H.L; AGUIAR, D.R.D. *Infraestrutura, comercialização e competitividade da agricultura brasileira*. Rio de Janeiro: IPEA, out. 1995. 63p. (texto para discussão nº 318).

FIGUEIREDO, Lucas. Agronegócios: O Brasil que assusta Bush. *Revista Primeira Leitura - Política; Economia; Pensamento*. Edição 02, Abr. 2002.

FRETES. Disponível em: <<http://sifreca.esalq.usp.br/sifreca/pt/index.php>>. Acesso em. 10 mar. 2006.

GEIPOT. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. *Corredores de Transporte*: proposta de ações para adequação da infra-estrutura e para a racionalização de transporte de grãos agrícolas. Brasília: Ministério dos Transportes / GEIPOT, 1995.

\_\_\_\_\_. *Estudos de Transportes no Brasil: Estudos Rodoviários*. Brasília: Ministério dos Transportes / GEIPOT, 2000.

GILSON, C. Linnear. *Programming in the context of classical economic theory*. Department of Agricultural Economics University of Manitoba, 1963

GRÃOS. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php>>. Acesso em. 07 jun. 2006.

HADDLEY, G. *Linear Programming*. Massachusetts: Addison- Wesley Publishing Company, 1963.

HIDROVIAS. Disponível em: <<http://www.ahimor.gov.br>>. Acesso em. 05 jun. 2006.

HIRSCHMAN, A. O. *The strategy of economic development*. Connecticut, Yale University Press, 1958.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA*. Rio de Janeiro, 2005.

KAM CHINGS, M.H.F.L. *O comportamento das exportações brasileiras e a dinâmica do complexo agroindustrial*. Piracicaba, 1997. 117p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

LABASSE, J. *La organización del espacio*: elementos de geografia aplicada. Trad. de Amália A. Fraile. Madri, I.E.A.L., 1973.

LAZZARINI, S. G. e NUNES, R. (org.) *Competitividade do sistema agroindustrial da soja* (Compact disc). In: COMPETITIVIDADE NO AGRIBUSINESS BRASILEIRO, São Paulo, 1997. *Trabalhos*. São Paulo: PENSA/FIPE-USP, 1997. v.6, pt.A.

\_\_\_\_\_. *Competitividade do Sistema Agroindustrial da Soja*. Relatório Técnico PENSA – IPEA, 225p. 1998.

MAFIOLETTI, R.L. *Formação de preços na cadeia agroindustrial da soja na década de 90*. Piracicaba, 2000. 95p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MARTINS, J. A. Revisitando Buchanan. *Transportes*, São Paulo, v.3, n.1, p.7-35, maio, 1995.

MÜLLER, G. *Complexo Agroindustrial e Modernização Agrária*. São Paulo; HUCITEC: EDUC, 1989. 149p.

NOVAES, A.G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

PRADO, Darci Santos do. *Programação Linear*. INDG Tecnologia e Serviços Ltda. (Série Pesquisa Operacional – volume 1, 4ª edição) 238p.:il Nova Lima [s.n.] (MG), 2004.

PATERNIANI, Ernesto. Das plantas silvestres às transgênicas. *Caderno de Ciência e Tecnologia*. Brasília, v18, n.1, p.169-179, jan./abr., 2001. Disponível em: <<http://www.atlas.sct.embrapa.br/pdf/cct/n18/n1/cc18n108.pdf>>. Acesso em. 10 ago. 2006.

PORTER, Michael E. *Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior*. Rio de Janeiro; Campus, 1989.

\_\_\_\_\_. *Competição = On Copetition: Estratégias Competitivas Essenciais*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

PUCCINI, Abelardo de Lima. *Introdução a Programação linear*. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos. Editora S.A, 1977.

RAGSDALE, Cliff T. *Spreadsheet Modeling e Decision Analysis: A Pratical Introduction to Management Science*. 4ª Edition. Thomson(South-Western), 2004.

ROESSING, A.C; SANTOS, A.B. *Descrição Sucinta da cadeia produtiva da soja na Região Sul do Brasil*. EMBRAPA-CNPSo, Londrina, 1997.

SARTORI, A. Entrevista com diretor analista da corretora Brajoja. Disponível em: <<http://www.cib.org.br>>. lista-entrevista.php. Acesso em. 15 Fev.2003.

SOJA. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>>. Acesso em. 15 abr. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em. 08 mai. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.famato.org.br>>. Acesso em. 15 abr. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em. 10 fev. 2006.

SCOTT, J. T. *The basics of linear programming and their use in farm management*. Department of Agricultural economics university of Illinois. October, 1970.

SILVA, A.C.S. *Mato Grosso permanece grande e forte: a economia mato-grossense após a divisão*. Goiânia: Única, 1982.210p.

TOBIAS, M.S.G. *Modelo de planejamento integrado da organização espacial, do desenvolvimento regional e dos transportes para uma região em expansão de fronteiras: o caso da região oeste do Pará*. São Paulo. 264f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1999.

TOBIAS, M. S. G.; WAISMAN, J. *Especificidades das Redes de Transportes nas Regiões em Expansão de Fronteiras*. In: ANPET-ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 15, 2001, Campinas-SP: ANPET. v. 3, p. 271-276, 2001.

TOSTO, S.G. *Mercados Internos de Grãos de Soja: modelos de equilíbrio e desequilíbrio*. Piracicaba, 1996. 114p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

TRANSPORTE. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br>>. Acesso em. 05 jun. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br>>. Acesso em. 05 Jun. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em. 05 jun. 2006.

VANDERMEULEN, D. *Linear Economic Theory*. New Jersey: Prentice Hall, 1971.

VASCONCELOS, M. F. S. *Competitividade do comércio internacional de soja*. Piracicaba, 1994. 92p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

WEINGARTNER, A.S. *Divisionismo: história de Mato Grosso do Sul*. Disponível em: <<http://www.ccerqueira.hpg.ig.com.br>>. Acesso em. 02 Abr. 2003.

WRIGHT, C.L. *Análise econômica de transporte e armazenagem de grãos: estudo do corredor de exportação de Paranaguá*. Brasília: GEIPOT, 1980.

# ANEXOS

**ANEXO 1: Recibo de Fretes Comprados da Fundação de Estudos Agrários  
Luiz de Queiroz**

---

**ANEXO 2: Valores de Fretes do Modal Rodoviário Comprados da FEALQ –  
Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz**

---









# APÊNDICES

## APÊNDICE 1: Modelo base do Cenário1 com Escoamento para os Portos de Santos e Paranaguá e Resultados Projetados pelo *Lindo*.

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por:

Minimizar

$$246k115 + 210k116 + 216k215 + 170.22k216 + 184.46k315 + 182.16k316 + 178k415 + 168k416 + 201.13k515 + 196.38k516 + 208k615 + 178k616 + 186.13k715 + 180.25k716 + 202k815 + 163.63k816 + 179.50k915 + 174.02k916 + 187k1015 + 172k1016 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 139k1315 + 114.47k1316 + 120k1415 + 119k1416$$

Sujeito a:

$$K115 + K116 = 921.67$$

$$K215 + K216 = 154491.67$$

$$K315 + K316 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 = 414626.33$$

$$K515 + K516 = 916973.67$$

$$K615 + K616 = 662076$$

$$K715 + K716 = 894268.33$$

$$K815 + K816 = 599447.33$$

$$K915 + K916 = 715503$$

$$K1015 + K1016 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 = 725238$$

$$K1315 + K1316 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 = 193020$$

$$K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415 \leq 6.266.167$$

$$K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 \leq 5.414.927$$

$$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0, K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$$

$$K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0, K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$$

No primeiro cenário o resultado foi de R\$ 1.386.071.317,97.

•

• LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 16

## OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1386071E+10 (1.386.071.317,97)

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	30.520000
K116	921.669983	0.000000
K215	0.000000	40.299999
K216	154491.671875	0.000000
K315	1590166.625000	0.000000
K316	0.000000	3.180004
K415	0.000000	4.520000
K416	414626.343750	0.000000
K515	916973.687500	0.000000
K516	0.000000	0.730005
K615	0.000000	24.520000
K616	662076.000000	0.000000
K715	0.000000	0.400005
K716	894268.312500	0.000000
K815	0.000000	32.889999
K816	599447.312500	0.000000
K915	31679.939453	0.000000
K916	683823.062500	0.000000
K1015	0.000000	9.520000
K1016	712012.312500	0.000000
K1115	0.000000	2.519994
K1116	388174.656250	0.000000
K1215	0.000000	15.130005
K1216	725238.000000	0.000000
K1315	0.000000	19.049999
K1316	179847.671875	0.000000
K1415	193020.000000	0.000000
K1416	0.000000	4.480000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-215.479996
3)	0.000000	-175.699997
4)	0.000000	-184.460007
5)	0.000000	-173.479996
6)	0.000000	-201.130005
7)	0.000000	-183.479996
8)	0.000000	-185.729996
9)	0.000000	-169.110001
10)	0.000000	-179.500000

11)	0.000000	-177.479996
12)	0.000000	-144.630005
13)	0.000000	-129.750000
14)	0.000000	-119.949997
15)	0.000000	-120.000000
16)	3534326.750000	0.000000
17)	0.000000	5.480000

NO. ITERATIONS= 16

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	30.520004
K116	210.000000	30.520004	INFINITY
K215	216.000000	INFINITY	40.300003
K216	170.220001	40.300003	INFINITY
K315	184.460007	3.179997	INFINITY
K316	182.160004	INFINITY	3.179997
K415	178.000000	INFINITY	4.520004
K416	168.000000	4.520004	INFINITY
K515	201.130005	0.730000	INFINITY
K516	196.380005	INFINITY	0.730000
K615	208.000000	INFINITY	24.520004
K616	178.000000	24.520004	INFINITY
K715	186.130005	INFINITY	0.400009
K716	180.250000	0.400009	INFINITY
K815	202.000000	INFINITY	32.889999
K816	163.630005	32.889999	INFINITY
K915	179.500000	0.400009	0.730000
K916	174.020004	0.730000	0.400009
K1015	187.000000	INFINITY	9.520004
K1016	172.000000	9.520004	INFINITY
K1115	147.149994	INFINITY	2.519989
K1116	139.149994	2.519989	INFINITY
K1215	144.880005	INFINITY	15.130005
K1216	124.269997	15.130005	INFINITY
K1315	139.000000	INFINITY	19.050003
K1316	114.470001	19.050003	INFINITY
K1415	120.000000	4.480000	INFINITY
K1416	119.000000	INFINITY	4.480000

## RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	683823.062500	921.669983
3	154491.671875	683823.062500	31679.939453
4	1590166.625000	3534326.750000	1590166.625000
5	414626.343750	683823.062500	31679.939453
6	916973.687500	3534326.750000	916973.687500
7	662076.000000	683823.062500	31679.939453
8	894268.312500	683823.062500	31679.939453
9	599447.312500	683823.062500	31679.939453
10	715503.000000	3534326.750000	31679.939453
11	712012.312500	683823.062500	31679.939453
12	388174.656250	683823.062500	31679.939453
13	725238.000000	683823.062500	31679.939453
14	179847.671875	683823.062500	31679.939453
15	193020.000000	3534326.750000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	3534326.750000
17	5414927.000000	31679.939453	683823.062500

## APÊNDICE 2: Modelo do Cenário 1 com Variação de Sensibilidade no Valor do Frete de Santos e Resultados Projetados pelo *Lindo*

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por:

Minimizar

246.k115 + 210.k116 + 216.k215 + 170,22k216 + 202.91k315 + 182,16.k316 + 195.80k415 + 168.k416 + 221.24k515 + 196,38.k516 + 208.k615 + 178.k616 + 186,13.k715 + 180,25.k716 + 202.k815 + 163,63.k816 + 197.45k915 + 174,02.k916 + 187.k1015 + 172.k1016 + 147,15.k1115 + 139,15.k1116 + 144,88.k1215 + 124,27.k1216 + 139.k1315 + 114,47.k1316 + 132k1415 + 119.k1416.

Sujeito a:

$$K115 + K116 = 921.67$$

$$K215 + K216 = 154491.67$$

$$K315 + K316 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 = 414626.33$$

$$K515 + K516 = 916973.67$$

$$K615 + K616 = 662076$$

$$K715 + K716 = 894268.33$$

$$K815 + K816 = 599447.33$$

$$K915 + K916 = 715503$$

$$K1015 + K1016 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 = 725238$$

$$K1315 + K1316 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 = 193020$$

$$K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415 \leq 6266167$$

$$K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 \leq 5414927$$

$$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0, K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$$

$$K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0, K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$$

\* Municípios com fretes aumentados em 10%

Estimou-se, nesta nova configuração, o custo total para o transporte de 8.146.767 no valor de R\$ 1.410.464.186,10.



- LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 22

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1410464E+10 (1.410.464.186,10)

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	15.390000
K116	921.669983	0.000000
K215	0.000000	25.170000
K216	154491.671875	0.000000
K315	0.000000	0.140004
K316	1590166.625000	0.000000
K415	0.000000	7.190003
K416	414626.343750	0.000000
K515	0.000000	4.250006
K516	916973.687500	0.000000
K615	0.000000	9.390000
K616	662076.000000	0.000000
K715	894268.312500	0.000000
K716	0.000000	14.730000
K815	0.000000	17.760000
K816	599447.312500	0.000000
K915	0.000000	2.819997
K916	715503.000000	0.000000
K1015	712012.312500	0.000000
K1016	0.000000	5.610000
K1115	388174.656250	0.000000
K1116	0.000000	12.609994
K1215	544365.000000	0.000000
K1216	180873.015625	0.000000
K1315	0.000000	3.920000
K1316	179847.671875	0.000000
K1415	193020.000000	0.000000
K1416	0.000000	7.610000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-230.610001
3)	0.000000	-190.830002
4)	0.000000	-202.770004
5)	0.000000	-188.610001
6)	0.000000	-216.990005

7)	0.000000	-198.610001
8)	0.000000	-186.130005
9)	0.000000	-184.240005
10)	0.000000	-194.630005
11)	0.000000	-187.000000
12)	0.000000	-147.149994
13)	0.000000	-144.880005
14)	0.000000	-135.080002
15)	0.000000	-132.000000
16)	3534326.750000	0.000000
17)	0.000000	20.610001

NO. ITERATIONS= 22

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	15.389999
K116	210.000000	15.389999	INFINITY
K215	216.000000	INFINITY	25.169998
K216	170.220001	25.169998	INFINITY
K315	202.910004	INFINITY	0.139999
K316	182.160004	0.139999	INFINITY
K415	195.800003	INFINITY	7.190002
K416	168.000000	7.190002	INFINITY
K515	221.240005	INFINITY	4.250000
K516	196.380005	4.250000	INFINITY
K615	208.000000	INFINITY	9.389999
K616	178.000000	9.389999	INFINITY
K715	186.130005	14.729996	INFINITY
K716	180.250000	INFINITY	14.729996
K815	202.000000	INFINITY	17.759995
K816	163.630005	17.759995	INFINITY
K915	197.449997	INFINITY	2.819992
K916	174.020004	2.819992	INFINITY
K1015	187.000000	5.610001	INFINITY
K1016	172.000000	INFINITY	5.610001
K1115	147.149994	12.610001	INFINITY
K1116	139.149994	INFINITY	12.610001
K1215	144.880005	0.139999	5.610001
K1216	124.269997	5.610001	0.139999
K1315	139.000000	INFINITY	3.919998

K1316	114.470001	3.919998	INFINITY
K1415	132.000000	7.610001	INFINITY
K1416	119.000000	INFINITY	7.610001

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	180873.015625	921.669983
3	154491.671875	180873.015625	154491.671875
4	1590166.625000	180873.015625	544365.000000
5	414626.343750	180873.015625	414626.343750
6	916973.687500	180873.015625	544365.000000
7	662076.000000	180873.015625	544365.000000
8	894268.312500	3534326.750000	894268.312500
9	599447.312500	180873.015625	544365.000000
10	715503.000000	180873.015625	544365.000000
11	712012.312500	3534326.750000	712012.312500
12	388174.656250	3534326.750000	388174.656250
13	725238.000000	3534326.750000	544365.000000
14	179847.671875	180873.015625	179847.671875
15	193020.000000	3534326.750000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	3534326.750000
17	5414927.000000	544365.000000	180873.015625

### APÊNDICE 3: Modelo do Cenário 1 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Paranaguá e Resultados Projetados pelo *Lindo*.

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (1º Cenário – 2º Teste de Sensibilidade com aumento de capacidade portuária)

Minimizar

246k115 + 210k116 + 216k215 + 170.22k216 + 184.46k315 + 182.16k316 + 178k415 + 168k416 + 201.13k515 + 196.38k516 + 208k615 + 178k616 + 186.13k715 + 180.25k716 + 202k815 + 163.63k816 + 179.50k915 + 174.02k916 + 187k1015 + 172k1016 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 139k1315 + 114.47k1316 + 120k1415 + 119k1416

Sujeito a:

$$K_{115} + K_{116} = 921.67$$

$$K_{215} + K_{216} = 154491.67$$

$$K_{315} + K_{316} = 1590166.67$$

$$K_{415} + K_{416} = 414626.33$$

$$K_{515} + K_{516} = 916973.67$$

$$K_{615} + K_{616} = 662076$$

$$K_{715} + K_{716} = 894268.33$$

$$K_{815} + K_{816} = 599447.33$$

$$K_{915} + K_{916} = 715503$$

$$K_{1015} + K_{1016} = 712012.33$$

$$K_{1115} + K_{1116} = 388174.67$$

$$K_{1215} + K_{1216} = 725238$$

$$K_{1315} + K_{1316} = 179847.67$$

$$K_{1415} + K_{1416} = 193020$$

$$K_{115} + K_{215} + K_{315} + K_{415} + K_{515} + K_{615} + K_{715} + K_{815} + K_{915} + K_{1015} + K_{1115} + K_{1215} + K_{1315} + K_{1415} \leq 6266167$$

$$K_{116} + K_{216} + K_{316} + K_{416} + K_{516} + K_{616} + K_{716} + K_{816} + K_{916} + K_{1016} + K_{1116} + K_{1216} + K_{1316} + K_{1416} \leq 6414927$$

$$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0, K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$$

$$K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0, K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$$

Partindo para um segundo teste de sensibilidade o valor foi de R\$ R\$ 1.381.423.990,09.

- LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 17

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1381424E+10 (1.381.423.990,09)

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	33.700001
K116	921.669983	0.000000
K215	0.000000	43.480000
K216	154491.671875	0.000000
K315	1538820.250000	0.000000
K316	51346.371094	0.000000
K415	0.000000	7.700000
K416	414626.343750	0.000000
K515	0.000000	2.450005
K516	916973.687500	0.000000
K615	0.000000	27.700001
K616	662076.000000	0.000000
K715	0.000000	3.580005
K716	894268.312500	0.000000
K815	0.000000	36.070000
K816	599447.312500	0.000000
K915	0.000000	3.180000
K916	715503.000000	0.000000
K1015	0.000000	12.700000
K1016	712012.312500	0.000000
K1115	0.000000	5.699994
K1116	388174.656250	0.000000
K1215	0.000000	18.310005
K1216	725238.000000	0.000000
K1315	0.000000	22.230000
K1316	179847.671875	0.000000
K1415	193020.000000	0.000000
K1416	0.000000	1.300000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-212.300003
3)	0.000000	-172.520004
4)	0.000000	-184.460007
5)	0.000000	-170.300003

6)	0.000000	-198.679993
7)	0.000000	-180.300003
8)	0.000000	-182.550003
9)	0.000000	-165.929993
10)	0.000000	-176.320007
11)	0.000000	-174.300003
12)	0.000000	-141.449997
13)	0.000000	-126.570000
14)	0.000000	-116.769997
15)	0.000000	-120.000000
16)	4534326.500000	0.000000
17)	0.000000	2.300000

NO. ITERATIONS= 17

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	33.699997
K116	210.000000	33.699997	INFINITY
K215	216.000000	INFINITY	43.479996
K216	170.220001	43.479996	INFINITY
K315	184.460007	2.450012	1.300000
K316	182.160004	1.300000	2.450012
K415	178.000000	INFINITY	7.699997
K416	168.000000	7.699997	INFINITY
K515	201.130005	INFINITY	2.450012
K516	196.380005	2.450012	INFINITY
K615	208.000000	INFINITY	27.699997
K616	178.000000	27.699997	INFINITY
K715	186.130005	INFINITY	3.580002
K716	180.250000	3.580002	INFINITY
K815	202.000000	INFINITY	36.070007
K816	163.630005	36.070007	INFINITY
K915	179.500000	INFINITY	3.179993
K916	174.020004	3.179993	INFINITY
K1015	187.000000	INFINITY	12.699997
K1016	172.000000	12.699997	INFINITY
K1115	147.149994	INFINITY	5.699997
K1116	139.149994	5.699997	INFINITY
K1215	144.880005	INFINITY	18.310005
K1216	124.269997	18.310005	INFINITY

K1315	139.000000	INFINITY	22.230003
K1316	114.470001	22.230003	INFINITY
K1415	120.000000	1.300000	INFINITY
K1416	119.000000	INFINITY	1.300000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	51346.371094	921.669983
3	154491.671875	51346.371094	154491.671875
4	1590166.625000	4534326.500000	1538820.250000
5	414626.343750	51346.371094	414626.343750
6	916973.687500	51346.371094	916973.687500
7	662076.000000	51346.371094	662076.000000
8	894268.312500	51346.371094	894268.312500
9	599447.312500	51346.371094	599447.312500
10	715503.000000	51346.371094	715503.000000
11	712012.312500	51346.371094	712012.312500
12	388174.656250	51346.371094	388174.656250
13	725238.000000	51346.371094	725238.000000
14	179847.671875	51346.371094	179847.671875
15	193020.000000	4534326.500000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	4534326.500000
17	6414927.000000	1538820.250000	51346.371094

**APÊNDICE 4: Modelo base do Cenário 2 com Escoamento para os Portos Alternativos e Resultados Projetados pelo *Lindo*, sem considerar a Capacidade Portuária de Santarém inclusa no Modelo.**

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (2º Cenário – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara). (STM - Com capacidade = 0, rota não utilizada).

OBS: STM = SANTARÉM

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 184.46k315 + 182.16k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 178k415 + 168k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 201.13k515 + 196.38k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 202k815 + 163.63k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 179.50k915 + 174.02k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 120k1415 + 119k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420.

Sujeito a:

K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67  
 K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67  
 K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67  
 K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33  
 K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67  
 K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076  
 K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33  
 K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33  
 K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503  
 K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33  
 K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67  
 K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238  
 K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67  
 K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020

K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415<=6266167

K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 <=5414927



$K_{117}+k_{217}+k_{317}+k_{417}+k_{517}+k_{617}+k_{717}+k_{817}+k_{917}+k_{1017}+k_{1117}+k_{1217}+k_{1317}+k_{1417} \leq 3731000$

$K_{118}+k_{218}+k_{318}+k_{418}+k_{518}+k_{618}+k_{718}+k_{818}+k_{918}+k_{1018}+k_{1118}+k_{1218}+k_{1318}+k_{1418} \leq 0$

$K_{119}+k_{219}+k_{319}+k_{419}+k_{519}+k_{619}+k_{719}+k_{819}+k_{919}+k_{1019}+k_{1119}+k_{1219}+k_{1319}+k_{1419} \leq 2000000$

$K_{120}+k_{220}+k_{320}+k_{420}+k_{520}+k_{620}+k_{720}+k_{820}+k_{920}+k_{1020}+k_{1120}+k_{1220}+k_{1320}+k_{1420} \leq 890000$

$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0, K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$

$K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0, K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$

$K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0, K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$

$K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0, K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$

$K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0, K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$

$K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0, K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$

Resultado do teste 2º Cenário com custo total igual a R\$ 1.386.058.329,17.

LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 18

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1386058E+10 ( 1.386.058.329,17)

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	30.930000
K116	921.669983	0.000000
K117	0.000000	68.519997
K118	0.000000	0.000000
K119	0.000000	9.920006
K120	0.000000	120.910011
K215	0.000000	40.709999
K216	154491.671875	0.000000
K217	0.000000	73.540001
K218	0.000000	64.149994
K219	0.000000	3.450006
K220	0.000000	124.250008
K315	1590166.625000	0.000000
K316	0.000000	2.770004
K317	0.000000	60.280006
K318	0.000000	63.659996

---

K319	0.000000	2.599998
K320	0.000000	111.839989
K415	0.000000	4.930000
K416	382946.406250	0.000000
K417	0.000000	50.030006
K418	0.000000	66.860001
K419	31679.939453	0.000000
K420	0.000000	97.340004
K515	916973.687500	0.000000
K516	0.000000	0.320005
K517	0.000000	52.890003
K518	0.000000	94.070007
K519	0.000000	68.209999
K520	0.000000	105.070015
K615	0.000000	24.930000
K616	662076.000000	0.000000
K617	0.000000	65.560005
K618	0.000000	80.380005
K619	0.000000	18.099998
K620	0.000000	117.799995
K715	0.000000	0.810005
K716	894268.312500	0.000000
K717	0.000000	69.280006
K718	0.000000	142.949997
K719	0.000000	85.280006
K720	0.000000	123.320015
K815	0.000000	33.299999
K816	599447.312500	0.000000
K817	0.000000	70.589996
K818	0.000000	85.070000
K819	0.000000	24.059994
K820	0.000000	122.180008
K915	0.000000	0.410000
K916	715503.000000	0.000000
K917	0.000000	62.370007
K918	0.000000	88.469994
K919	0.000000	30.559994
K920	0.000000	116.239990
K1015	0.000000	9.930000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	61.260002
K1018	0.000000	134.619995
K1019	0.000000	77.359993
K1020	0.000000	115.609993

---

K1115	0.000000	2.929994
K1116	388174.656250	0.000000
K1117	0.000000	76.339996
K1118	0.000000	152.600006
K1119	0.000000	91.630005
K1120	0.000000	127.959991
K1215	0.000000	15.540005
K1216	725238.000000	0.000000
K1217	0.000000	89.320007
K1218	0.000000	168.139999
K1219	0.000000	103.900009
K1220	0.000000	138.550018
K1315	0.000000	19.459999
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	107.889992
K1318	0.000000	185.759995
K1319	0.000000	122.730003
K1320	0.000000	107.980003
K1415	193020.000000	0.000000
K1416	0.000000	4.070000
K1417	0.000000	59.839996
K1418	0.000000	204.300003
K1419	0.000000	142.279999
K1420	0.000000	112.339996

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-215.070007
3)	0.000000	-175.289993
4)	0.000000	-184.460007
5)	0.000000	-173.070007
6)	0.000000	-201.130005
7)	0.000000	-183.070007
8)	0.000000	-185.320007
9)	0.000000	-168.699997
10)	0.000000	-179.089996
11)	0.000000	-177.070007
12)	0.000000	-144.220001
13)	0.000000	-129.339996
14)	0.000000	-119.540001
15)	0.000000	-120.000000
16)	3566006.750000	0.000000
17)	0.000000	5.070000
18)	3731000.000000	0.000000

---

19) 0.000000 131.380005  
 20) 1968320.000000 0.000000  
 21) 890000.000000 0.000000  
 NO. ITERATIONS= 18

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	30.929993
K116	210.000000	9.919998	63.659996
K117	283.589996	INFINITY	68.519989
K118	83.690002	63.659996	INFINITY
K119	224.990005	INFINITY	9.919998
K120	335.980011	INFINITY	120.910004
K215	216.000000	INFINITY	40.710007
K216	170.220001	3.450012	INFINITY
K217	248.830002	INFINITY	73.540009
K218	108.059998	INFINITY	64.150009
K219	178.740005	INFINITY	3.450012
K220	299.540009	INFINITY	124.250015
K315	184.460007	2.599991	INFINITY
K316	182.160004	INFINITY	2.769997
K317	244.740005	INFINITY	60.279999
K318	116.739998	INFINITY	63.659996
K319	187.059998	INFINITY	2.599991
K320	296.299988	INFINITY	111.839981
K415	178.000000	INFINITY	4.929993
K416	168.000000	0.320000	0.410004
K417	223.100006	INFINITY	50.029999
K418	108.550003	INFINITY	66.860001
K419	173.070007	0.410004	0.320000
K420	270.410004	INFINITY	97.339996
K515	201.130005	0.320000	INFINITY
K516	196.380005	INFINITY	0.320000
K517	254.020004	INFINITY	52.889999
K518	163.820007	INFINITY	94.070007
K519	269.339996	INFINITY	68.209991
K520	306.200012	INFINITY	105.070007
K615	208.000000	INFINITY	24.929993
K616	178.000000	18.099991	INFINITY
K617	248.630005	INFINITY	65.559998

---

K618	132.070007	INFINITY	80.380005
K619	201.169998	INFINITY	18.099991
K620	300.869995	INFINITY	117.799988
K715	186.130005	INFINITY	0.809998
K716	180.250000	0.809998	INFINITY
K717	254.600006	INFINITY	69.279999
K718	196.889999	INFINITY	142.949997
K719	270.600006	INFINITY	85.279999
K720	308.640015	INFINITY	123.320007
K815	202.000000	INFINITY	33.300003
K816	163.630005	24.059998	INFINITY
K817	239.289993	INFINITY	70.589996
K818	122.389999	INFINITY	85.070007
K819	192.759995	INFINITY	24.059998
K820	290.880005	INFINITY	122.180008
K915	179.500000	INFINITY	0.410004
K916	174.020004	0.410004	INFINITY
K917	241.460007	INFINITY	62.370010
K918	136.179993	INFINITY	88.470001
K919	209.649994	INFINITY	30.559998
K920	295.329987	INFINITY	116.239990
K1015	187.000000	INFINITY	9.929993
K1016	172.000000	9.929993	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	61.259995
K1018	180.309998	INFINITY	134.619995
K1019	254.429993	INFINITY	77.359985
K1020	292.679993	INFINITY	115.609985
K1115	147.149994	INFINITY	2.929993
K1116	139.149994	2.929993	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	76.339996
K1118	165.440002	INFINITY	152.600006
K1119	235.850006	INFINITY	91.630005
K1120	272.179993	INFINITY	127.959991
K1215	144.880005	INFINITY	15.540009
K1216	124.269997	15.540009	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	89.320007
K1218	166.100006	INFINITY	168.140015
K1219	233.240005	INFINITY	103.900009
K1220	267.890015	INFINITY	138.550018
K1315	139.000000	INFINITY	19.459999
K1316	114.470001	19.459999	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	107.889992
K1318	173.919998	INFINITY	185.760010
K1319	242.270004	INFINITY	122.730003

---

K1320	227.520004	INFINITY	107.980003
K1415	120.000000	4.070000	INFINITY
K1416	119.000000	INFINITY	4.070000
K1417	179.839996	INFINITY	59.839996
K1418	192.919998	INFINITY	204.300003
K1419	262.279999	INFINITY	142.279999
K1420	232.339996	INFINITY	112.339996

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	382946.406250	921.669983
3	154491.671875	382946.406250	31679.939453
4	1590166.625000	3566006.750000	1590166.625000
5	414626.343750	1968320.000000	31679.939453
6	916973.687500	3566006.750000	916973.687500
7	662076.000000	382946.406250	31679.939453
8	894268.312500	382946.406250	31679.939453
9	599447.312500	382946.406250	31679.939453
10	715503.000000	382946.406250	31679.939453
11	712012.312500	382946.406250	31679.939453
12	388174.656250	382946.406250	31679.939453
13	725238.000000	382946.406250	31679.939453
14	179847.671875	382946.406250	31679.939453
15	193020.000000	3566006.750000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	3566006.750000
17	5414927.000000	31679.939453	382946.406250
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	0.000000	921.669983	0.000000
20	2000000.000000	INFINITY	1968320.000000
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

---

## APÊNDICE 5: Modelo do Cenário 2 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 2.000.000 de toneladas.

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (2º Cenário – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara). (STM - Com capacidade = 2.000.000 rota utilizada).

OBS: STM = SANTARÉM

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 184.46k315 + 182.16k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 178k415 + 168k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 201.13k515 + 196.38k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 202k815 + 163.63k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 179.50k915 + 174.02k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 120k1415 + 119k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420.

Sujeito a:

$$K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67$$

$$K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67$$

$$K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33$$

$$K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67$$

$$K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076$$

$$K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33$$

$$K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33$$

$$K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503$$

$$K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238$$

$$K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020$$

$$K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415 \leq 6266167$$

$$K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 \leq 5414927$$

$$K117+k217+k317+k417+k517+k617+k717+k817+k917+k1017+k1117+k1217+k1317+k1417 \leq 3731000$$

$$K118+k218+k318+k418+k518+k618+k718+k818+k918+k1018+k1118+k1218+k1318+k1418 \leq 2000000$$

$$K119+k219+k319+k419+k519+k619+k719+k819+k919+k1019+k1119+k1219+k1319+k1419 \leq 2000000$$

$$K120+k220+k320+k420+k520+k620+k720+k820+k920+k1020+k1120+k1220+k1320+k1420 \leq 890000$$

$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0,$   
 $K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$   
 $K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0,$   
 $K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$   
 $K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0,$   
 $K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$   
 $K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0,$   
 $K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$   
 $K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0,$   
 $K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$   
 $K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0,$   
 $K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$

Resultado do teste do 2º Cenário – 6 Portos R\$ 1.251.570.509,85.

LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 17

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1251571E+10 ( 1.251.570.509,85 )

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	98.110001
K116	0.000000	66.860001
K117	0.000000	135.699997
K118	921.669983	0.000000
K119	0.000000	77.100006
K120	0.000000	188.090012
K215	0.000000	43.740002
K216	0.000000	2.710001
K217	0.000000	76.570000
K218	154491.671875	0.000000
K219	0.000000	6.480005
K220	0.000000	127.280006
K315	0.000000	3.520007
K316	0.000000	5.970004
K317	0.000000	63.800007
K318	1590166.625000	0.000000
K319	0.000000	6.119998
K320	0.000000	115.359985
K415	0.000000	5.250000

---



K416	160206.312500	0.000000
K417	0.000000	50.350006
K418	254420.031250	0.000000
K419	0.000000	0.320007
K420	0.000000	97.660004
K515	538820.250000	0.000000
K516	378153.437500	0.000000
K517	0.000000	52.890003
K518	0.000000	26.890007
K519	0.000000	68.209999
K520	0.000000	105.070015
K615	0.000000	25.250000
K616	662076.000000	0.000000
K617	0.000000	65.880005
K618	0.000000	13.520007
K619	0.000000	18.419998
K620	0.000000	118.119995
K715	0.000000	1.130005
K716	894268.312500	0.000000
K717	0.000000	69.600006
K718	0.000000	76.089996
K719	0.000000	85.600006
K720	0.000000	123.640015
K815	0.000000	33.619999
K816	599447.312500	0.000000
K817	0.000000	70.909996
K818	0.000000	18.209999
K819	0.000000	24.379995
K820	0.000000	122.500008
K915	0.000000	0.730000
K916	715503.000000	0.000000
K917	0.000000	62.690006
K918	0.000000	21.609993
K919	0.000000	30.879993
K920	0.000000	116.559990
K1015	0.000000	10.250000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	61.580002
K1018	0.000000	67.759995
K1019	0.000000	77.679993
K1020	0.000000	115.929993
K1115	0.000000	3.249994
K1116	388174.656250	0.000000
K1117	0.000000	76.659996

---

K1118	0.000000	85.740005
K1119	0.000000	91.950005
K1120	0.000000	128.279999
K1215	0.000000	15.860004
K1216	725238.000000	0.000000
K1217	0.000000	89.640007
K1218	0.000000	101.280006
K1219	0.000000	104.220009
K1220	0.000000	138.870010
K1315	0.000000	19.780001
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	108.209991
K1318	0.000000	118.900002
K1319	0.000000	123.050003
K1320	0.000000	108.300003
K1415	193020.000000	0.000000
K1416	0.000000	3.750000
K1417	0.000000	59.839996
K1418	0.000000	137.119995
K1419	0.000000	142.279999
K1420	0.000000	112.339996

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
-----	------------------	-------------

2)	0.000000	-147.889999
3)	0.000000	-172.259995
4)	0.000000	-180.940002
5)	0.000000	-172.750000
6)	0.000000	-201.130005
7)	0.000000	-182.750000
8)	0.000000	-185.000000
9)	0.000000	-168.380005
10)	0.000000	-178.770004
11)	0.000000	-176.750000
12)	0.000000	-143.899994
13)	0.000000	-129.020004
14)	0.000000	-119.220001
15)	0.000000	-120.000000
16)	5534326.500000	0.000000
17)	0.000000	4.750000
18)	3731000.000000	0.000000
19)	0.000000	64.199997
20)	2000000.000000	0.000000
21)	890000.000000	0.000000

---

NO. ITERATIONS= 17

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	98.110001
K116	210.000000	INFINITY	66.860001
K117	283.589996	INFINITY	135.699997
K118	83.690002	66.860001	INFINITY
K119	224.990005	INFINITY	77.100006
K120	335.980011	INFINITY	188.090012
K215	216.000000	INFINITY	43.740005
K216	170.220001	INFINITY	2.710007
K217	248.830002	INFINITY	76.570007
K218	108.059998	2.710007	INFINITY
K219	178.740005	INFINITY	6.480011
K220	299.540009	INFINITY	127.280014
K315	184.460007	INFINITY	3.520004
K316	182.160004	INFINITY	5.970001
K317	244.740005	INFINITY	63.800003
K318	116.739998	3.520004	INFINITY
K319	187.059998	INFINITY	6.119995
K320	296.299988	INFINITY	115.359985
K415	178.000000	INFINITY	5.250000
K416	168.000000	0.320007	13.520004
K417	223.100006	INFINITY	50.350006
K418	108.550003	13.520004	2.710007
K419	173.070007	INFINITY	0.320007
K420	270.410004	INFINITY	97.660004
K515	201.130005	0.320007	3.750000
K516	196.380005	3.750000	0.320007
K517	254.020004	INFINITY	52.889999
K518	163.820007	INFINITY	26.889999
K519	269.339996	INFINITY	68.209991
K520	306.200012	INFINITY	105.070007
K615	208.000000	INFINITY	25.250000
K616	178.000000	13.520004	INFINITY
K617	248.630005	INFINITY	65.880005
K618	132.070007	INFINITY	13.520004
K619	201.169998	INFINITY	18.419998
K620	300.869995	INFINITY	118.119995

---

K715	186.130005	INFINITY	1.130005
K716	180.250000	1.130005	INFINITY
K717	254.600006	INFINITY	69.600006
K718	196.889999	INFINITY	76.089996
K719	270.600006	INFINITY	85.600006
K720	308.640015	INFINITY	123.640015
K815	202.000000	INFINITY	33.619995
K816	163.630005	18.209991	INFINITY
K817	239.289993	INFINITY	70.909988
K818	122.389999	INFINITY	18.209991
K819	192.759995	INFINITY	24.379990
K820	290.880005	INFINITY	122.500000
K915	179.500000	INFINITY	0.729996
K916	174.020004	0.729996	INFINITY
K917	241.460007	INFINITY	62.690002
K918	136.179993	INFINITY	21.609985
K919	209.649994	INFINITY	30.879990
K920	295.329987	INFINITY	116.559982
K1015	187.000000	INFINITY	10.250000
K1016	172.000000	10.250000	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	61.580002
K1018	180.309998	INFINITY	67.759995
K1019	254.429993	INFINITY	77.679993
K1020	292.679993	INFINITY	115.929993
K1115	147.149994	INFINITY	3.250000
K1116	139.149994	3.250000	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	76.660004
K1118	165.440002	INFINITY	85.740005
K1119	235.850006	INFINITY	91.950012
K1120	272.179993	INFINITY	128.279999
K1215	144.880005	INFINITY	15.860001
K1216	124.269997	15.860001	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	89.639999
K1218	166.100006	INFINITY	101.279999
K1219	233.240005	INFINITY	104.220001
K1220	267.890015	INFINITY	138.870010
K1315	139.000000	INFINITY	19.779999
K1316	114.470001	19.779999	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	108.209991
K1318	173.919998	INFINITY	118.899994
K1319	242.270004	INFINITY	123.050003
K1320	227.520004	INFINITY	108.300003
K1415	120.000000	3.750000	INFINITY
K1416	119.000000	INFINITY	3.750000

---

K1417	179.839996	INFINITY	59.839996
K1418	192.919998	INFINITY	137.119995
K1419	262.279999	INFINITY	142.279999
K1420	232.339996	INFINITY	112.339996

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	254420.031250	921.669983
3	154491.671875	254420.031250	154491.671875
4	1590166.625000	254420.031250	160206.312500
5	414626.343750	378153.437500	160206.312500
6	916973.687500	5534326.500000	538820.250000
7	662076.000000	378153.437500	538820.250000
8	894268.312500	378153.437500	538820.250000
9	599447.312500	378153.437500	538820.250000
10	715503.000000	378153.437500	538820.250000
11	712012.312500	378153.437500	538820.250000
12	388174.656250	378153.437500	388174.656250
13	725238.000000	378153.437500	538820.250000
14	179847.671875	378153.437500	179847.671875
15	193020.000000	5534326.500000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	5534326.500000
17	5414927.000000	538820.250000	378153.437500
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	2000000.000000	160206.312500	254420.031250
20	2000000.000000	INFINITY	2000000.000000
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

---

## APENDICE 6: Modelo do Cenário 2 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 5.000.000 de toneladas.

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (2º Cenário – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara). (STM - Com capacidade = 5.000.000 rota utilizada).

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 184.46k315 + 182.16k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 178k415 + 168k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 201.13k515 + 196.38k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 202k815 + 163.63k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 179.50k915 + 174.02k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 120k1415 + 119k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420.

Sujeito a:

$$K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67$$

$$K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67$$

$$K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33$$

$$K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67$$

$$K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076$$

$$K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33$$

$$K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33$$

$$K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503$$

$$K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238$$

$$K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020$$

$$K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415 \leq 6266167$$

$$K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 \leq 5414927$$

$$K117+k217+k317+k417+k517+k617+k717+k817+k917+k1017+k1117+k1217+k1317+k1417 \leq 3731000$$

$$K118+k218+k318+k418+k518+k618+k718+k818+k918+k1018+k1118+k1218+k1318+k1418 \leq 5000000$$

$$K119+k219+k319+k419+k519+k619+k719+k819+k919+k1019+k1119+k1219+k1319+k1419 \leq 2000000$$

$$K120+k220+k320+k420+k520+k620+k720+k820+k920+k1020+k1120+k1220+k1320+k1420 \leq 890000$$

$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0,$   
 $K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$   
 $K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0,$   
 $K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$   
 $K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0,$   
 $K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$   
 $K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0,$   
 $K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$   
 $K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0,$   
 $K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$   
 $K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0,$   
 $K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$

### Resultado do teste 2º Cenário – 6 Portos R\$ 1.128.997.130,15.

LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 15

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1128997E+10 (1.128.997.130,15)

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	129.750000
K116	0.000000	93.750000
K117	0.000000	167.339996
K118	921.669983	0.000000
K119	0.000000	108.740005
K120	0.000000	219.730011
K215	0.000000	75.379997
K216	0.000000	29.600000
K217	0.000000	108.209999
K218	154491.671875	0.000000
K219	0.000000	38.120007
K220	0.000000	158.920013
K315	0.000000	35.160007
K316	0.000000	32.860004
K317	0.000000	95.440002
K318	1590166.625000	0.000000
K319	0.000000	37.759998
K320	0.000000	146.999985
K415	0.000000	36.889999
K416	0.000000	26.889999
K417	0.000000	81.990005

K418	414626.343750	0.000000
K419	0.000000	31.960007
K420	0.000000	129.300003
K515	0.000000	4.750005
K516	54206.308594	0.000000
K517	0.000000	57.640003
K518	862767.375000	0.000000
K519	0.000000	72.959999
K520	0.000000	109.820015
K615	0.000000	43.369999
K616	0.000000	13.370000
K617	0.000000	84.000008
K618	662076.000000	0.000000
K619	0.000000	36.539997
K620	0.000000	136.239990
K715	0.000000	5.880005
K716	894268.312500	0.000000
K717	0.000000	74.350006
K718	0.000000	49.200001
K719	0.000000	90.350006
K720	0.000000	128.390015
K815	0.000000	47.049999
K816	0.000000	8.680005
K817	0.000000	84.339996
K818	599447.312500	0.000000
K819	0.000000	37.809994
K820	0.000000	135.930008
K915	0.000000	10.760000
K916	0.000000	5.280005
K917	0.000000	72.720009
K918	715503.000000	0.000000
K919	0.000000	40.909992
K920	0.000000	126.589989
K1015	0.000000	15.000000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	66.330002
K1018	0.000000	40.869999
K1019	0.000000	82.429993
K1020	0.000000	120.679993
K1115	0.000000	7.999994
K1116	388174.656250	0.000000
K1117	0.000000	81.409996
K1118	0.000000	58.850002
K1119	0.000000	96.700005
K1120	0.000000	133.029999



K1215	0.000000	20.610004
K1216	725238.000000	0.000000
K1217	0.000000	94.390007
K1218	0.000000	74.390007
K1219	0.000000	108.970009
K1220	0.000000	143.620010
K1315	0.000000	24.530001
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	112.959991
K1318	0.000000	92.009995
K1319	0.000000	127.800003
K1320	0.000000	113.050003
K1415	0.000000	1.000000
K1416	193020.000000	0.000000
K1417	0.000000	60.839996
K1418	0.000000	106.479996
K1419	0.000000	143.279999
K1420	0.000000	113.339996

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
-----	------------------	-------------

2)	0.000000	-116.250000
3)	0.000000	-140.619995
4)	0.000000	-149.300003
5)	0.000000	-141.110001
6)	0.000000	-196.380005
7)	0.000000	-164.630005
8)	0.000000	-180.250000
9)	0.000000	-154.949997
10)	0.000000	-168.740005
11)	0.000000	-172.000000
12)	0.000000	-139.149994
13)	0.000000	-124.269997
14)	0.000000	-114.470001
15)	0.000000	-119.000000
16)	6266167.000000	0.000000
17)	2268159.750000	0.000000
18)	3731000.000000	0.000000
19)	0.000000	32.560001
20)	2000000.000000	0.000000
21)	890000.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 15

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	129.750000
K116	210.000000	INFINITY	93.750000
K117	283.589996	INFINITY	167.339996
K118	83.690002	93.750000	INFINITY
K119	224.990005	INFINITY	108.740005
K120	335.980011	INFINITY	219.730011
K215	216.000000	INFINITY	75.380005
K216	170.220001	INFINITY	29.600006
K217	248.830002	INFINITY	108.210007
K218	108.059998	29.600006	INFINITY
K219	178.740005	INFINITY	38.120010
K220	299.540009	INFINITY	158.920013
K315	184.460007	INFINITY	35.160004
K316	182.160004	INFINITY	32.860001
K317	244.740005	INFINITY	95.440002
K318	116.739998	32.860001	INFINITY
K319	187.059998	INFINITY	37.759995
K320	296.299988	INFINITY	146.999985
K415	178.000000	INFINITY	36.889999
K416	168.000000	INFINITY	26.889999
K417	223.100006	INFINITY	81.990005
K418	108.550003	26.889999	INFINITY
K419	173.070007	INFINITY	31.960007
K420	270.410004	INFINITY	129.300003
K515	201.130005	INFINITY	4.750000
K516	196.380005	4.750000	32.560001
K517	254.020004	INFINITY	57.639999
K518	163.820007	32.560001	5.279999
K519	269.339996	INFINITY	72.959991
K520	306.200012	INFINITY	109.820007
K615	208.000000	INFINITY	43.369995
K616	178.000000	INFINITY	13.369995
K617	248.630005	INFINITY	84.000000
K618	132.070007	13.369995	INFINITY
K619	201.169998	INFINITY	36.539993
K620	300.869995	INFINITY	136.239990
K715	186.130005	INFINITY	5.880005
K716	180.250000	5.880005	INFINITY
K717	254.600006	INFINITY	74.350006
K718	196.889999	INFINITY	49.200001

K719	270.600006	INFINITY	90.350006
K720	308.640015	INFINITY	128.390015
K815	202.000000	INFINITY	47.050003
K816	163.630005	INFINITY	8.680008
K817	239.289993	INFINITY	84.339996
K818	122.389999	8.680008	INFINITY
K819	192.759995	INFINITY	37.809998
K820	290.880005	INFINITY	135.930008
K915	179.500000	INFINITY	10.759995
K916	174.020004	INFINITY	5.279999
K917	241.460007	INFINITY	72.720001
K918	136.179993	5.279999	INFINITY
K919	209.649994	INFINITY	40.909988
K920	295.329987	INFINITY	126.589981
K1015	187.000000	INFINITY	15.000000
K1016	172.000000	15.000000	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	66.330002
K1018	180.309998	INFINITY	40.869999
K1019	254.429993	INFINITY	82.429993
K1020	292.679993	INFINITY	120.679993
K1115	147.149994	INFINITY	8.000000
K1116	139.149994	8.000000	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	81.410004
K1118	165.440002	INFINITY	58.850010
K1119	235.850006	INFINITY	96.700012
K1120	272.179993	INFINITY	133.029999
K1215	144.880005	INFINITY	20.610008
K1216	124.269997	20.610008	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	94.390007
K1218	166.100006	INFINITY	74.390015
K1219	233.240005	INFINITY	108.970009
K1220	267.890015	INFINITY	143.620026
K1315	139.000000	INFINITY	24.529999
K1316	114.470001	24.529999	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	112.959991
K1318	173.919998	INFINITY	92.009995
K1319	242.270004	INFINITY	127.800003
K1320	227.520004	INFINITY	113.050003
K1415	120.000000	INFINITY	1.000000
K1416	119.000000	1.000000	INFINITY
K1417	179.839996	INFINITY	60.839996
K1418	192.919998	INFINITY	106.479996
K1419	262.279999	INFINITY	143.279999
K1420	232.339996	INFINITY	113.339996

## RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	862767.375000	921.669983
3	154491.671875	862767.375000	54206.308594
4	1590166.625000	862767.375000	54206.308594
5	414626.343750	862767.375000	54206.308594
6	916973.687500	2268159.750000	54206.308594
7	662076.000000	862767.375000	54206.308594
8	894268.312500	2268159.750000	894268.312500
9	599447.312500	862767.375000	54206.308594
10	715503.000000	862767.375000	54206.308594
11	712012.312500	2268159.750000	712012.312500
12	388174.656250	2268159.750000	388174.656250
13	725238.000000	2268159.750000	725238.000000
14	179847.671875	2268159.750000	179847.671875
15	193020.000000	2268159.750000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	6266167.000000
17	5414927.000000	INFINITY	2268159.750000
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	5000000.000000	54206.308594	862767.375000
20	2000000.000000	INFINITY	2000000.000000
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

---

## APÊNDICE 7: Modelo do Cenário 2 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 6.000.000 de toneladas.

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (2º Cenário – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara). (STM - Com capacidade = 6.000.000 rota utilizada).

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 184.46k315 + 182.16k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 178k415 + 168k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 201.13k515 + 196.38k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 202k815 + 163.63k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 179.50k915 + 174.02k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 120k1415 + 119k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420.

Sujeito a:

$$K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67$$

$$K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67$$

$$K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33$$

$$K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67$$

$$K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076$$

$$K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33$$

$$K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33$$

$$K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503$$

$$K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238$$

$$K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020$$

$$K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415 \leq 6266167$$

$$K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 \leq 5414927$$

$$K117+k217+k317+k417+k517+k617+k717+k817+k917+k1017+k1117+k1217+k1317+k1417 \leq 3731000$$

$$K118+k218+k318+k418+k518+k618+k718+k818+k918+k1018+k1118+k1218+k1318+k1418 \leq 6000000$$

$$K119+k219+k319+k419+k519+k619+k719+k819+k919+k1019+k1119+k1219+k1319+k1419 \leq 2000000$$

$$K120+k220+k320+k420+k520+k620+k720+k820+k920+k1020+k1120+k1220+k1320+k1420 \leq 890000$$

$$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0, K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$$

$K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0,$   
 $K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$   
 $K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0,$   
 $K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$   
 $K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0,$   
 $K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$   
 $K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0,$   
 $K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$   
 $K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0,$   
 $K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$

Resultado do teste 2º Cenário – 6 Portos R\$ 1.127.232.171,94.

LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1127232E+10 ( 1.127.232.171,94 )

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	162.309998
K116	0.000000	126.309998
K117	0.000000	199.899994
K118	921.669983	0.000000
K119	0.000000	141.300003
K120	0.000000	252.290009
K215	0.000000	107.940002
K216	0.000000	62.160000
K217	0.000000	140.770004
K218	154491.671875	0.000000
K219	0.000000	70.680008
K220	0.000000	191.480011
K315	0.000000	67.720009
K316	0.000000	65.420006
K317	0.000000	128.000000
K318	1590166.625000	0.000000
K319	0.000000	70.320000
K320	0.000000	179.559982
K415	0.000000	69.449997
K416	0.000000	59.450001
K417	0.000000	114.550003
K418	414626.343750	0.000000
K419	0.000000	64.520004

K420	0.000000	161.860001
K515	0.000000	37.310005
K516	0.000000	32.560005
K517	0.000000	90.200005
K518	916973.687500	0.000000
K519	0.000000	105.519997
K520	0.000000	142.380005
K615	0.000000	75.930000
K616	0.000000	45.930000
K617	0.000000	116.560005
K618	662076.000000	0.000000
K619	0.000000	69.099998
K620	0.000000	168.799988
K715	0.000000	5.880005
K716	894268.312500	0.000000
K717	0.000000	74.350006
K718	0.000000	16.639999
K719	0.000000	90.350006
K720	0.000000	128.390015
K815	0.000000	79.610001
K816	0.000000	41.240005
K817	0.000000	116.899994
K818	599447.312500	0.000000
K819	0.000000	70.369995
K820	0.000000	168.490005
K915	0.000000	43.320000
K916	0.000000	37.840004
K917	0.000000	105.280006
K918	715503.000000	0.000000
K919	0.000000	73.469994
K920	0.000000	159.149994
K1015	0.000000	15.000000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	66.330002
K1018	0.000000	8.309998
K1019	0.000000	82.429993
K1020	0.000000	120.679993
K1115	0.000000	7.999994
K1116	388174.656250	0.000000
K1117	0.000000	81.409996
K1118	0.000000	26.290003
K1119	0.000000	96.700005
K1120	0.000000	133.029999
K1215	0.000000	20.610004
K1216	725238.000000	0.000000

K1217	0.000000	94.390007
K1218	0.000000	41.830006
K1219	0.000000	108.970009
K1220	0.000000	143.620010
K1315	0.000000	24.530001
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	112.959991
K1318	0.000000	59.449997
K1319	0.000000	127.800003
K1320	0.000000	113.050003
K1415	0.000000	1.000000
K1416	193020.000000	0.000000
K1417	0.000000	60.839996
K1418	0.000000	73.919998
K1419	0.000000	143.279999
K1420	0.000000	113.339996

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-83.690002
3)	0.000000	-108.059998
4)	0.000000	-116.739998
5)	0.000000	-108.550003
6)	0.000000	-163.820007
7)	0.000000	-132.070007
8)	0.000000	-180.250000
9)	0.000000	-122.389999
10)	0.000000	-136.179993
11)	0.000000	-172.000000
12)	0.000000	-139.149994
13)	0.000000	-124.269997
14)	0.000000	-114.470001
15)	0.000000	-119.000000
16)	6266167.000000	0.000000
17)	2322366.000000	0.000000
18)	3731000.000000	0.000000
19)	945793.687500	0.000000
20)	2000000.000000	0.000000
21)	890000.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 14

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:



OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	162.309998
K116	210.000000	INFINITY	126.309998
K117	283.589996	INFINITY	199.899994
K118	83.690002	126.309998	INFINITY
K119	224.990005	INFINITY	141.300003
K120	335.980011	INFINITY	252.290009
K215	216.000000	INFINITY	107.940002
K216	170.220001	INFINITY	62.160004
K217	248.830002	INFINITY	140.770004
K218	108.059998	62.160004	INFINITY
K219	178.740005	INFINITY	70.680008
K220	299.540009	INFINITY	191.480011
K315	184.460007	INFINITY	67.720009
K316	182.160004	INFINITY	65.420006
K317	244.740005	INFINITY	128.000000
K318	116.739998	65.420006	INFINITY
K319	187.059998	INFINITY	70.320000
K320	296.299988	INFINITY	179.559998
K415	178.000000	INFINITY	69.449997
K416	168.000000	INFINITY	59.449997
K417	223.100006	INFINITY	114.550003
K418	108.550003	59.449997	INFINITY
K419	173.070007	INFINITY	64.520004
K420	270.410004	INFINITY	161.860001
K515	201.130005	INFINITY	37.309998
K516	196.380005	INFINITY	32.559998
K517	254.020004	INFINITY	90.199997
K518	163.820007	32.559998	INFINITY
K519	269.339996	INFINITY	105.519989
K520	306.200012	INFINITY	142.380005
K615	208.000000	INFINITY	75.929993
K616	178.000000	INFINITY	45.929993
K617	248.630005	INFINITY	116.559998
K618	132.070007	45.929993	INFINITY
K619	201.169998	INFINITY	69.099991
K620	300.869995	INFINITY	168.799988
K715	186.130005	INFINITY	5.880005
K716	180.250000	5.880005	INFINITY
K717	254.600006	INFINITY	74.350006
K718	196.889999	INFINITY	16.639999
K719	270.600006	INFINITY	90.350006
K720	308.640015	INFINITY	128.390015

K815	202.000000	INFINITY	79.610001
K816	163.630005	INFINITY	41.240005
K817	239.289993	INFINITY	116.899994
K818	122.389999	41.240005	INFINITY
K819	192.759995	INFINITY	70.369995
K820	290.880005	INFINITY	168.490005
K915	179.500000	INFINITY	43.320007
K916	174.020004	INFINITY	37.840012
K917	241.460007	INFINITY	105.280014
K918	136.179993	37.840012	INFINITY
K919	209.649994	INFINITY	73.470001
K920	295.329987	INFINITY	159.149994
K1015	187.000000	INFINITY	15.000000
K1016	172.000000	8.309998	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	66.330002
K1018	180.309998	INFINITY	8.309998
K1019	254.429993	INFINITY	82.429993
K1020	292.679993	INFINITY	120.679993
K1115	147.149994	INFINITY	8.000000
K1116	139.149994	8.000000	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	81.410004
K1118	165.440002	INFINITY	26.290009
K1119	235.850006	INFINITY	96.700012
K1120	272.179993	INFINITY	133.029999
K1215	144.880005	INFINITY	20.610008
K1216	124.269997	20.610008	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	94.390007
K1218	166.100006	INFINITY	41.830009
K1219	233.240005	INFINITY	108.970009
K1220	267.890015	INFINITY	143.620026
K1315	139.000000	INFINITY	24.529999
K1316	114.470001	24.529999	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	112.959991
K1318	173.919998	INFINITY	59.449997
K1319	242.270004	INFINITY	127.800003
K1320	227.520004	INFINITY	113.050003
K1415	120.000000	INFINITY	1.000000
K1416	119.000000	1.000000	INFINITY
K1417	179.839996	INFINITY	60.839996
K1418	192.919998	INFINITY	73.919998
K1419	262.279999	INFINITY	143.279999
K1420	232.339996	INFINITY	113.339996

## RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
-----	---------	-----------	-----------

	RHS	INCREASE	DECREASE
2	921.669983	945793.687500	921.669983
3	154491.671875	945793.687500	154491.671875
4	1590166.625000	945793.687500	1590166.625000
5	414626.343750	945793.687500	414626.343750
6	916973.687500	945793.687500	916973.687500
7	662076.000000	945793.687500	662076.000000
8	894268.312500	2322366.000000	894268.312500
9	599447.312500	945793.687500	599447.312500
10	715503.000000	945793.687500	715503.000000
11	712012.312500	2322366.000000	712012.312500
12	388174.656250	2322366.000000	388174.656250
13	725238.000000	2322366.000000	725238.000000
14	179847.671875	2322366.000000	179847.671875
15	193020.000000	2322366.000000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	6266167.000000
17	5414927.000000	INFINITY	2322366.000000
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	6000000.000000	INFINITY	945793.687500
20	2000000.000000	INFINITY	2000000.000000
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

---

**APÊNDICE 8: Modelo base do Cenário 3 com Aumento no Valor do Frete em 10% para Santos, Escoamento para os Portos Alternativos e Resultados Projetados pelo *Lindo*, sem considerar a Capacidade Portuária de Santarém inclusa no Modelo.**

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (3º Cenário – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara – com aumento dos fretes para Santos). (STM - Com capacidade = 0 rota não utilizada).

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 202.91k315 + 182.16k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 195.80k415 + 168k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 221.24k515 + 196.38k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 222.20k815 + 163.63k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 197.45k915 + 174.02k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 132k1415 + 119k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420.

Sujeito a:

K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67  
 K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67  
 K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67  
 K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33  
 K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67  
 K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076  
 K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33  
 K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33  
 K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503  
 K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33  
 K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67  
 K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238  
 K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67  
 K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020

K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415<=6266167  
 K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 <=5414927  
 K117+k217+k317+k417+k517+k617+k717+k817+k917+k1017+k1117+k1217+k1317+k1417 <=3731000  
 K118+k218+k318+k418+k518+k618+k718+k818+k918+k1018+k1118+k1218+k1318+k1418 <=0  
 K119+k219+k319+k419+k519+k619+k719+k819+k919+k1019+k1119+k1219+k1319+k1419 <=2000000

$$K120+k220+k320+k420+k520+k620+k720+k820+k920+k1020+k1120+k1220+k1320+k1420 \leq 890000$$

$$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0, \\ K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$$

$$K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0, \\ K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$$

$$K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0, \\ K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$$

$$K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0, \\ K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$$

$$K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0, \\ K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$$

$$K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0, \\ K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$$

### Resultado do teste 3º Cenário – 6 Portos R\$ 1.391.864.576,15

LINDO

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 21

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1391865E+10 ( 1.391.864.576,15 )

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	49476.121094
K116	921.669983	0.000000
K117	0.000000	67.709999
K118	0.000000	0.000000
K119	0.000000	9.920006
K120	0.000000	120.100014
K215	0.000000	39.900002
K216	154491.671875	0.000000
K217	0.000000	72.730003
K218	0.000000	64.149994
K219	0.000000	3.450006
K220	0.000000	123.440010
K315	0.000000	15.040004
K316	0.000000	0.170004
K317	0.000000	56.870007
K318	0.000000	61.059998
K319	1590166.625000	0.000000
K320	0.000000	108.429985
K415	0.000000	21.920004

K416	4792.970215	0.000000
K417	0.000000	49.220005
K418	0.000000	66.860001
K419	409833.375000	0.000000
K420	0.000000	96.530006
K515	0.000000	18.980005
K516	916973.687500	0.000000
K517	0.000000	51.760006
K518	0.000000	93.750008
K519	0.000000	67.889999
K520	0.000000	103.940010
K615	0.000000	24.120001
K616	662076.000000	0.000000
K617	0.000000	64.750008
K618	0.000000	80.380005
K619	0.000000	18.099998
K620	0.000000	116.989998
K715	731840.250000	0.000000
K716	162428.046875	0.000000
K717	0.000000	68.470009
K718	0.000000	142.949997
K719	0.000000	85.280006
K720	0.000000	122.510017
K815	0.000000	52.689999
K816	599447.312500	0.000000
K817	0.000000	69.779991
K818	0.000000	85.070000
K819	0.000000	24.059994
K820	0.000000	121.370003
K915	0.000000	17.549997
K916	715503.000000	0.000000
K917	0.000000	61.560005
K918	0.000000	88.469994
K919	0.000000	30.559994
K920	0.000000	115.429985
K1015	0.000000	9.120000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	60.450001
K1018	0.000000	134.619995
K1019	0.000000	77.359993
K1020	0.000000	114.799995
K1115	0.000000	2.119994
K1116	388174.656250	0.000000
K1117	0.000000	75.529999
K1118	0.000000	152.600006

K1119	0.000000	91.630005
K1120	0.000000	127.149994
K1215	0.000000	14.730005
K1216	725238.000000	0.000000
K1217	0.000000	88.510002
K1218	0.000000	168.139999
K1219	0.000000	103.900009
K1220	0.000000	137.740021
K1315	0.000000	18.650000
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	107.079994
K1318	0.000000	185.759995
K1319	0.000000	122.730003
K1320	0.000000	107.170006
K1415	0.000000	7.120000
K1416	193020.000000	0.000000
K1417	0.000000	54.959995
K1418	0.000000	200.229996
K1419	0.000000	138.209991
K1420	0.000000	107.459999

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-215.880005
3)	0.000000	-176.100006
4)	0.000000	-187.869995
5)	0.000000	-173.880005
6)	0.000000	-202.259995
7)	0.000000	-183.880005
8)	0.000000	-186.130005
9)	0.000000	-169.509995
10)	0.000000	-179.899994
11)	0.000000	-177.880005
12)	0.000000	-145.029999
13)	0.000000	-130.149994
14)	0.000000	-120.349998
15)	0.000000	-124.879997
16)	5534326.500000	0.000000
17)	0.000000	5.880000
18)	3731000.000000	0.000000
19)	0.000000	132.190002
20)	0.000000	0.810000
21)	890000.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 21

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES				
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE	
	COEF	INCREASE	DECREASE	
K115	49692.000000	INFINITY	49476.121094	
K116	210.000000	9.920001	61.060005	
K117	283.589996	INFINITY	67.709991	
K118	83.690002	61.060005	INFINITY	
K119	224.990005	INFINITY	9.920001	
K120	335.980011	INFINITY	120.100006	
K215	216.000000	INFINITY	39.899994	
K216	170.220001	3.449999	INFINITY	
K217	248.830002	INFINITY	72.729996	
K218	108.059998	INFINITY	64.149994	
K219	178.740005	INFINITY	3.449999	
K220	299.540009	INFINITY	123.440002	
K315	202.910004	INFINITY	15.040009	
K316	182.160004	INFINITY	0.170009	
K317	244.740005	INFINITY	56.870010	
K318	116.739998	INFINITY	61.060005	
K319	187.059998	0.170009	INFINITY	
K320	296.299988	INFINITY	108.429993	
K415	195.800003	INFINITY	21.919998	
K416	168.000000	0.170009	0.810000	
K417	223.100006	INFINITY	49.220001	
K418	108.550003	INFINITY	66.860001	
K419	173.070007	0.810000	0.170009	
K420	270.410004	INFINITY	96.529999	
K515	221.240005	INFINITY	18.980011	
K516	196.380005	18.980011	INFINITY	
K517	254.020004	INFINITY	51.760010	
K518	163.820007	INFINITY	93.750015	
K519	269.339996	INFINITY	67.889999	
K520	306.200012	INFINITY	103.940018	
K615	208.000000	INFINITY	24.119995	
K616	178.000000	18.099993	INFINITY	
K617	248.630005	INFINITY	64.750000	
K618	132.070007	INFINITY	80.380005	
K619	201.169998	INFINITY	18.099993	
K620	300.869995	INFINITY	116.989990	
K715	186.130005	2.119995	0.810000	
K716	180.250000	0.810000	2.119995	
K717	254.600006	INFINITY	68.470001	



K718	196.889999	INFINITY	142.949997
K719	270.600006	INFINITY	85.279999
K720	308.640015	INFINITY	122.510010
K815	222.199997	INFINITY	52.690002
K816	163.630005	24.059999	INFINITY
K817	239.289993	INFINITY	69.779999
K818	122.389999	INFINITY	85.070007
K819	192.759995	INFINITY	24.059999
K820	290.880005	INFINITY	121.370010
K915	197.449997	INFINITY	17.550003
K916	174.020004	17.550003	INFINITY
K917	241.460007	INFINITY	61.560013
K918	136.179993	INFINITY	88.470001
K919	209.649994	INFINITY	30.559999
K920	295.329987	INFINITY	115.429993
K1015	187.000000	INFINITY	9.119995
K1016	172.000000	9.119995	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	60.449997
K1018	180.309998	INFINITY	134.619995
K1019	254.429993	INFINITY	77.359985
K1020	292.679993	INFINITY	114.799988
K1115	147.149994	INFINITY	2.119995
K1116	139.149994	2.119995	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	75.529999
K1118	165.440002	INFINITY	152.600006
K1119	235.850006	INFINITY	91.630005
K1120	272.179993	INFINITY	127.149994
K1215	144.880005	INFINITY	14.730011
K1216	124.269997	14.730011	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	88.510010
K1218	166.100006	INFINITY	168.140015
K1219	233.240005	INFINITY	103.900009
K1220	267.890015	INFINITY	137.740021
K1315	139.000000	INFINITY	18.650002
K1316	114.470001	18.650002	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	107.079994
K1318	173.919998	INFINITY	185.760010
K1319	242.270004	INFINITY	122.730003
K1320	227.520004	INFINITY	107.170006
K1415	132.000000	INFINITY	7.120003
K1416	119.000000	7.120003	INFINITY
K1417	179.839996	INFINITY	54.959999
K1418	192.919998	INFINITY	200.230011
K1419	262.279999	INFINITY	138.210007
K1420	232.339996	INFINITY	107.459999

## RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	162428.046875	921.669983
3	154491.671875	162428.046875	154491.671875
4	1590166.625000	162428.046875	4792.970215
5	414626.343750	162428.046875	4792.970215
6	916973.687500	162428.046875	731840.250000
7	662076.000000	162428.046875	662076.000000
8	894268.312500	5534326.500000	731840.250000
9	599447.312500	162428.046875	599447.312500
10	715503.000000	162428.046875	715503.000000
11	712012.312500	162428.046875	712012.312500
12	388174.656250	162428.046875	388174.656250
13	725238.000000	162428.046875	725238.000000
14	179847.671875	162428.046875	179847.671875
15	193020.000000	162428.046875	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	5534326.500000
17	5414927.000000	731840.250000	162428.046875
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	0.000000	921.669983	0.000000
20	2000000.000000	4792.970215	162428.046875
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

---

## APÊNDICE 9: Modelo do Cenário 3 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 2.000.000 de toneladas e Resultados Projetados pelo *Lindo*.

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (3º Cenário – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara – com aumento dos fretes para Santos). (STM - Com capacidade = 2.000.000 rota utilizada).

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 202.91k315 + 182.16k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 195.80k415 + 168k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 221.24k515 + 196.38k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 222.20k815 + 163.63k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 197.45k915 + 174.02k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 132k1415 + 119k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420.

Sujeito a:

$$K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67$$

$$K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67$$

$$K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33$$

$$K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67$$

$$K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076$$

$$K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33$$

$$K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33$$

$$K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503$$

$$K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238$$

$$K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020$$

$$K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415 \leq 6266167$$

$$K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 \leq 5414927$$

$$K117+k217+k317+k417+k517+k617+k717+k817+k917+k1017+k1117+k1217+k1317+k1417 \leq 3731000$$

$$K118+k218+k318+k418+k518+k618+k718+k818+k918+k1018+k1118+k1218+k1318+k1418 \leq 2000000$$

$$K119+k219+k319+k419+k519+k619+k719+k819+k919+k1019+k1119+k1219+k1319+k1419 \leq 2000000$$

$$K120+k220+k320+k420+k520+k620+k720+k820+k920+k1020+k1120+k1220+k1320+k1420 \leq 890000$$

$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0,$   
 $K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$   
 $K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0,$   
 $K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$   
 $K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0,$   
 $K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$   
 $K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0,$   
 $K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$   
 $K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0,$   
 $K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$   
 $K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0,$   
 $K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$

### Resultado do teste 3º Cenário – 6 Portos R\$ 1.252.991.547,30

LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 17

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1252991E+10 (1.252.991.547,30)

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	97.790001
K116	0.000000	67.669998
K117	0.000000	135.379990
K118	921.669983	0.000000
K119	0.000000	76.780006
K120	0.000000	187.770004
K215	0.000000	43.419998
K216	0.000000	3.520001
K217	0.000000	76.250000
K218	154491.671875	0.000000
K219	0.000000	6.160006
K220	0.000000	126.960007
K315	0.000000	21.650003
K316	0.000000	6.780004
K317	0.000000	63.480007
K318	1590166.625000	0.000000
K319	0.000000	5.799997
K320	0.000000	115.039986
K415	0.000000	22.730003

---

K416	0.000000	0.810000
K417	0.000000	50.030006
K418	254420.031250	0.000000
K419	160206.312500	0.000000
K420	0.000000	97.340004
K515	0.000000	18.980005
K516	916973.687500	0.000000
K517	0.000000	51.760006
K518	0.000000	26.080008
K519	0.000000	67.079994
K520	0.000000	103.940010
K615	0.000000	24.120001
K616	662076.000000	0.000000
K617	0.000000	64.750008
K618	0.000000	12.710008
K619	0.000000	17.289999
K620	0.000000	116.989998
K715	571633.937500	0.000000
K716	322634.375000	0.000000
K717	0.000000	68.470009
K718	0.000000	75.279999
K719	0.000000	84.470009
K720	0.000000	122.510017
K815	0.000000	52.689999
K816	599447.312500	0.000000
K817	0.000000	69.779991
K818	0.000000	17.400000
K819	0.000000	23.249994
K820	0.000000	121.370003
K915	0.000000	17.549997
K916	715503.000000	0.000000
K917	0.000000	61.560005
K918	0.000000	20.799994
K919	0.000000	29.749994
K920	0.000000	115.429985
K1015	0.000000	9.120000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	60.450001
K1018	0.000000	66.949997
K1019	0.000000	76.549995
K1020	0.000000	114.799995
K1115	0.000000	2.119994
K1116	388174.656250	0.000000
K1117	0.000000	75.529999

---

K1118	0.000000	84.930000
K1119	0.000000	90.820007
K1120	0.000000	127.149994
K1215	0.000000	14.730005
K1216	725238.000000	0.000000
K1217	0.000000	88.510002
K1218	0.000000	100.470009
K1219	0.000000	103.090004
K1220	0.000000	137.740021
K1315	0.000000	18.650000
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	107.079994
K1318	0.000000	118.089996
K1319	0.000000	121.920006
K1320	0.000000	107.170006
K1415	0.000000	7.120000
K1416	193020.000000	0.000000
K1417	0.000000	54.959995
K1418	0.000000	132.559998
K1419	0.000000	137.399994
K1420	0.000000	107.459999

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-148.210007
3)	0.000000	-172.580002
4)	0.000000	-181.259995
5)	0.000000	-173.070007
6)	0.000000	-202.259995
7)	0.000000	-183.880005
8)	0.000000	-186.130005
9)	0.000000	-169.509995
10)	0.000000	-179.899994
11)	0.000000	-177.880005
12)	0.000000	-145.029999
13)	0.000000	-130.149994
14)	0.000000	-120.349998
15)	0.000000	-124.879997
16)	5694533.000000	0.000000
17)	0.000000	5.880000
18)	3731000.000000	0.000000
19)	0.000000	64.519997
20)	1839793.750000	0.000000
21)	890000.000000	0.000000

---

NO. ITERATIONS= 17

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	97.789993
K116	210.000000	INFINITY	67.669991
K117	283.589996	INFINITY	135.379990
K118	83.690002	67.669991	INFINITY
K119	224.990005	INFINITY	76.779999
K120	335.980011	INFINITY	187.770004
K215	216.000000	INFINITY	43.419998
K216	170.220001	INFINITY	3.520000
K217	248.830002	INFINITY	76.250000
K218	108.059998	3.520000	INFINITY
K219	178.740005	INFINITY	6.160004
K220	299.540009	INFINITY	126.960007
K315	202.910004	INFINITY	21.650009
K316	182.160004	INFINITY	6.780009
K317	244.740005	INFINITY	63.480011
K318	116.739998	5.800003	INFINITY
K319	187.059998	INFINITY	5.800003
K320	296.299988	INFINITY	115.039993
K415	195.800003	INFINITY	22.729996
K416	168.000000	INFINITY	0.809993
K417	223.100006	INFINITY	50.029999
K418	108.550003	12.709999	3.520000
K419	173.070007	0.809993	12.709999
K420	270.410004	INFINITY	97.339996
K515	221.240005	INFINITY	18.980011
K516	196.380005	18.980011	INFINITY
K517	254.020004	INFINITY	51.760010
K518	163.820007	INFINITY	26.080009
K519	269.339996	INFINITY	67.080002
K520	306.200012	INFINITY	103.940018
K615	208.000000	INFINITY	24.119995
K616	178.000000	12.709999	INFINITY
K617	248.630005	INFINITY	64.750000
K618	132.070007	INFINITY	12.709999
K619	201.169998	INFINITY	17.289993
K620	300.869995	INFINITY	116.989990
K715	186.130005	2.119995	0.809993
K716	180.250000	0.809993	2.119995

---

K717	254.600006	INFINITY	68.470001
K718	196.889999	INFINITY	75.279991
K719	270.600006	INFINITY	84.470001
K720	308.640015	INFINITY	122.510010
K815	222.199997	INFINITY	52.690002
K816	163.630005	17.400002	INFINITY
K817	239.289993	INFINITY	69.779999
K818	122.389999	INFINITY	17.400002
K819	192.759995	INFINITY	23.250000
K820	290.880005	INFINITY	121.370010
K915	197.449997	INFINITY	17.550003
K916	174.020004	17.550003	INFINITY
K917	241.460007	INFINITY	61.560013
K918	136.179993	INFINITY	20.799995
K919	209.649994	INFINITY	29.750000
K920	295.329987	INFINITY	115.429993
K1015	187.000000	INFINITY	9.119995
K1016	172.000000	9.119995	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	60.449997
K1018	180.309998	INFINITY	66.949989
K1019	254.429993	INFINITY	76.549988
K1020	292.679993	INFINITY	114.799988
K1115	147.149994	INFINITY	2.119995
K1116	139.149994	2.119995	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	75.529999
K1118	165.440002	INFINITY	84.930000
K1119	235.850006	INFINITY	90.820007
K1120	272.179993	INFINITY	127.149994
K1215	144.880005	INFINITY	14.730011
K1216	124.269997	14.730011	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	88.510010
K1218	166.100006	INFINITY	100.470009
K1219	233.240005	INFINITY	103.090012
K1220	267.890015	INFINITY	137.740021
K1315	139.000000	INFINITY	18.650002
K1316	114.470001	18.650002	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	107.079994
K1318	173.919998	INFINITY	118.089996
K1319	242.270004	INFINITY	121.920006
K1320	227.520004	INFINITY	107.170006
K1415	132.000000	INFINITY	7.120003
K1416	119.000000	7.120003	INFINITY
K1417	179.839996	INFINITY	54.959999
K1418	192.919998	INFINITY	132.559998

---



K1419 262.279999 INFINITY 137.399994

K1420 232.339996 INFINITY 107.459999

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	254420.031250	921.669983
3	154491.671875	254420.031250	154491.671875
4	1590166.625000	254420.031250	160206.312500
5	414626.343750	1839793.750000	160206.312500
6	916973.687500	322634.375000	571633.937500
7	662076.000000	322634.375000	571633.937500
8	894268.312500	5694533.000000	571633.937500
9	599447.312500	322634.375000	571633.937500
10	715503.000000	322634.375000	571633.937500
11	712012.312500	322634.375000	571633.937500
12	388174.656250	322634.375000	388174.656250
13	725238.000000	322634.375000	571633.937500
14	179847.671875	322634.375000	179847.671875
15	193020.000000	322634.375000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	5694533.000000
17	5414927.000000	571633.937500	322634.375000
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	2000000.000000	160206.312500	254420.031250
20	2000000.000000	INFINITY	1839793.750000
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

---

**APÊNDICE 10: Modelo base do Cenário 4 com Aumento no Valor do Frete em 10% para os Portos de Santos e Paranaguá, Escoamento para os Portos Alternativos e Resultados Projetados pelo *Lindo*, sem considerar a Capacidade Portuária de Santarém inclusa no Modelo**

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (4º Cenário 3A – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara – com aumento dos fretes para Santos e Paranaguá – justificados pelo aumento da demanda em períodos sazonais e filas nos portos devido a capacidade portuária infra-estrutural). (STM - Com capacidade = 0 rota não utilizada).

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 202.91k315 + 200.38k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 195.80k415 + 184.80k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 221.24k515 + 216.02k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 222.20k815 + 179.99k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 197.45k915 + 191.42k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 132k1415 + 130.90k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420

Sujeito a:

$$K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67$$

$$K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67$$

$$K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33$$

$$K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67$$

$$K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076$$

$$K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33$$

$$K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33$$

$$K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503$$

$$K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238$$

$$K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020$$

$K_{115}+K_{215}+k_{315}+k_{415}+k_{515}+k_{615}+k_{715}+k_{815}+k_{915}+k_{1015}+k_{1115}+k_{1215}+k_{1315}+k_{1415} \leq 6266167$   
 $K_{116}+k_{216}+k_{316}+k_{416}+k_{516}+k_{616}+k_{716}+k_{816}+k_{916}+k_{1016}+k_{1116}+k_{1216}+k_{1316}+k_{1416} \leq 5414927$   
 $K_{117}+k_{217}+k_{317}+k_{417}+k_{517}+k_{617}+k_{717}+k_{817}+k_{917}+k_{1017}+k_{1117}+k_{1217}+k_{1317}+k_{1417} \leq 3731000$   
 $K_{118}+k_{218}+k_{318}+k_{418}+k_{518}+k_{618}+k_{718}+k_{818}+k_{918}+k_{1018}+k_{1118}+k_{1218}+k_{1318}+k_{1418} \leq 0$   
 $K_{119}+k_{219}+k_{319}+k_{419}+k_{519}+k_{619}+k_{719}+k_{819}+k_{919}+k_{1019}+k_{1119}+k_{1219}+k_{1319}+k_{1419} \leq 2000000$   
 $K_{120}+k_{220}+k_{320}+k_{420}+k_{520}+k_{620}+k_{720}+k_{820}+k_{920}+k_{1020}+k_{1120}+k_{1220}+k_{1320}+k_{1420} \leq 890000$

$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0,$   
 $K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$   
 $K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0,$   
 $K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$   
 $K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0,$   
 $K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$   
 $K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0,$   
 $K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$   
 $K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0,$   
 $K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$   
 $K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0,$   
 $K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$

### Resultado do teste 4º Cenário – 6 Portos R\$ 1.433.228.626,98

LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 8

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1433225E+10 ( 1.433.228.626,98 )

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	30.780001
K116	921.669983	0.000000
K117	0.000000	68.369995
K118	0.000000	0.000000
K119	0.000000	25.620005
K120	0.000000	120.760010
K215	0.000000	40.560001
K216	154491.671875	0.000000
K217	0.000000	73.389999
K218	0.000000	64.149994
K219	0.000000	19.150005
K220	0.000000	124.100006
K315	4792.970215	0.000000
K316	0.000000	2.690005

K317	0.000000	41.830006
K318	0.000000	45.359997
K319	1585373.625000	0.000000
K320	0.000000	93.389984
K415	0.000000	6.880003
K416	0.000000	1.100003
K417	0.000000	34.180008
K418	0.000000	51.160004
K419	414626.343750	0.000000
K420	0.000000	81.490005
K515	534027.312500	0.000000
K516	382946.406250	0.000000
K517	0.000000	32.780003
K518	0.000000	74.110008
K519	0.000000	63.949997
K520	0.000000	84.960014
K615	0.000000	24.780001
K616	662076.000000	0.000000
K617	0.000000	65.410004
K618	0.000000	80.380005
K619	0.000000	33.799999
K620	0.000000	117.649994
K715	0.000000	0.660005
K716	894268.312500	0.000000
K717	0.000000	69.130005
K718	0.000000	142.949997
K719	0.000000	100.980003
K720	0.000000	123.170013
K815	0.000000	36.989998
K816	599447.312500	0.000000
K817	0.000000	54.079994
K818	0.000000	68.709999
K819	0.000000	23.399994
K820	0.000000	105.670006
K915	0.000000	0.809997
K916	715503.000000	0.000000
K917	0.000000	44.820007
K918	0.000000	71.069992
K919	0.000000	28.859993
K920	0.000000	98.689987
K1015	0.000000	9.780000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	61.110001
K1018	0.000000	134.619995
K1019	0.000000	93.059990

K1020	0.000000	115.459991
K1115	0.000000	2.779994
K1116	388174.656250	0.000000
K1117	0.000000	76.189995
K1118	0.000000	152.600006
K1119	0.000000	107.330009
K1120	0.000000	127.809990
K1215	0.000000	15.390005
K1216	725238.000000	0.000000
K1217	0.000000	89.170006
K1218	0.000000	168.139999
K1219	0.000000	119.600006
K1220	0.000000	138.400009
K1315	0.000000	19.309999
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	107.739990
K1318	0.000000	185.759995
K1319	0.000000	138.430008
K1320	0.000000	107.830002
K1415	193020.000000	0.000000
K1416	0.000000	4.119994
K1417	0.000000	47.839996
K1418	0.000000	192.449997
K1419	0.000000	146.130005
K1420	0.000000	100.339996

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-215.220001
3)	0.000000	-175.440002
4)	0.000000	-202.910004
5)	0.000000	-188.919998
6)	0.000000	-221.240005
7)	0.000000	-183.220001
8)	0.000000	-185.470001
9)	0.000000	-185.210007
10)	0.000000	-196.639999
11)	0.000000	-177.220001
12)	0.000000	-144.369995
13)	0.000000	-129.490005
14)	0.000000	-119.690002
15)	0.000000	-132.000000
16)	5534326.500000	0.000000
17)	0.000000	5.220000
18)	3731000.000000	0.000000

19)	0.000000	131.529999
20)	0.000000	15.850000
21)	890000.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 8

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	30.779999
K116	210.000000	25.620005	45.359993
K117	283.589996	INFINITY	68.369995
K118	83.690002	45.359993	INFINITY
K119	224.990005	INFINITY	25.620005
K120	335.980011	INFINITY	120.760010
K215	216.000000	INFINITY	40.559998
K216	170.220001	19.150003	INFINITY
K217	248.830002	INFINITY	73.389999
K218	108.059998	INFINITY	64.149994
K219	178.740005	INFINITY	19.150003
K220	299.540009	INFINITY	124.100006
K315	202.910004	1.100005	15.850000
K316	200.380005	INFINITY	2.690001
K317	244.740005	INFINITY	41.830002
K318	116.739998	INFINITY	45.359993
K319	187.059998	15.850000	1.100005
K320	296.299988	INFINITY	93.389984
K415	195.800003	INFINITY	6.880005
K416	184.800003	INFINITY	1.100005
K417	223.100006	INFINITY	34.180008
K418	108.550003	INFINITY	51.160004
K419	173.070007	1.100005	INFINITY
K420	270.410004	INFINITY	81.490005
K515	221.240005	0.660004	1.100005
K516	216.020004	1.100005	0.660004
K517	254.020004	INFINITY	32.779999
K518	163.820007	INFINITY	74.110001
K519	269.339996	INFINITY	63.949989
K520	306.200012	INFINITY	84.960007
K615	208.000000	INFINITY	24.779999
K616	178.000000	24.779999	INFINITY
K617	248.630005	INFINITY	65.410004

K618	132.070007	INFINITY	80.380005
K619	201.169998	INFINITY	33.799995
K620	300.869995	INFINITY	117.649994
K715	186.130005	INFINITY	0.660004
K716	180.250000	0.660004	INFINITY
K717	254.600006	INFINITY	69.130005
K718	196.889999	INFINITY	142.949997
K719	270.600006	INFINITY	100.980003
K720	308.640015	INFINITY	123.170013
K815	222.199997	INFINITY	36.989990
K816	179.990005	23.399988	INFINITY
K817	239.289993	INFINITY	54.079987
K818	122.389999	INFINITY	68.709991
K819	192.759995	INFINITY	23.399988
K820	290.880005	INFINITY	105.669998
K915	197.449997	INFINITY	0.809998
K916	191.419998	0.809998	INFINITY
K917	241.460007	INFINITY	44.820007
K918	136.179993	INFINITY	71.069992
K919	209.649994	INFINITY	28.859995
K920	295.329987	INFINITY	98.689987
K1015	187.000000	INFINITY	9.779999
K1016	172.000000	9.779999	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	61.110001
K1018	180.309998	INFINITY	134.619995
K1019	254.429993	INFINITY	93.059990
K1020	292.679993	INFINITY	115.459991
K1115	147.149994	INFINITY	2.779999
K1116	139.149994	2.779999	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	76.190002
K1118	165.440002	INFINITY	152.600006
K1119	235.850006	INFINITY	107.330009
K1120	272.179993	INFINITY	127.809998
K1215	144.880005	INFINITY	15.389999
K1216	124.269997	15.389999	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	89.169998
K1218	166.100006	INFINITY	168.139999
K1219	233.240005	INFINITY	119.599998
K1220	267.890015	INFINITY	138.400009
K1315	139.000000	INFINITY	19.309998
K1316	114.470001	19.309998	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	107.739990
K1318	173.919998	INFINITY	185.759995
K1319	242.270004	INFINITY	138.430008
K1320	227.520004	INFINITY	107.830002

K1415	132.000000	4.119994	INFINITY
K1416	130.899994	INFINITY	4.119994
K1417	179.839996	INFINITY	47.839996
K1418	192.919998	INFINITY	192.449997
K1419	262.279999	INFINITY	146.130005
K1420	232.339996	INFINITY	100.339996

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	382946.406250	921.669983
3	154491.671875	382946.406250	154491.671875
4	1590166.625000	5534326.500000	4792.970215
5	414626.343750	1585373.625000	4792.970215
6	916973.687500	5534326.500000	534027.312500
7	662076.000000	382946.406250	534027.312500
8	894268.312500	382946.406250	534027.312500
9	599447.312500	382946.406250	534027.312500
10	715503.000000	382946.406250	534027.312500
11	712012.312500	382946.406250	534027.312500
12	388174.656250	382946.406250	388174.656250
13	725238.000000	382946.406250	534027.312500
14	179847.671875	382946.406250	179847.671875
15	193020.000000	5534326.500000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	5534326.500000
17	5414927.000000	534027.312500	382946.406250
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	0.000000	921.669983	0.000000
20	2000000.000000	4792.970215	1585373.625000
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

---



## APÊNDICE 11: Modelo do Cenário 4 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Santarém para 2.000.000 de toneladas e Resultados Projetados pelo *Lindo*.

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (4º Cenário – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara – com aumento dos fretes para Santos e Paranaguá – justificados pelo aumento da demanda em períodos sazonais e filas nos portos devido a capacidade portuária infra-estrutural). (STM - Com capacidade = 2.000.000 rota utilizada).

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 202.91k315 + 200.38k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 195.80k415 + 184.80k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 221.24k515 + 216.02k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 222.20k815 + 179.99k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 197.45k915 + 191.42k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 132k1415 + 130.90k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420

Sujeito a:

$$K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67$$

$$K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67$$

$$K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33$$

$$K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67$$

$$K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076$$

$$K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33$$

$$K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33$$

$$K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503$$

$$K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238$$

$$K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020$$

$$K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415 \leq 6266167$$

$$K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 \leq 5414927$$

$$K117+k217+k317+k417+k517+k617+k717+k817+k917+k1017+k1117+k1217+k1317+k1417 \leq 3731000$$

$K_{118}+k_{218}+k_{318}+k_{418}+k_{518}+k_{618}+k_{718}+k_{818}+k_{918}+k_{1018}+k_{1118}+k_{1218}+k_{1318}+k_{1418} \leq 2000000$   
 $K_{119}+k_{219}+k_{319}+k_{419}+k_{519}+k_{619}+k_{719}+k_{819}+k_{919}+k_{1019}+k_{1119}+k_{1219}+k_{1319}+k_{1419} \leq 2000000$   
 $K_{120}+k_{220}+k_{320}+k_{420}+k_{520}+k_{620}+k_{720}+k_{820}+k_{920}+k_{1020}+k_{1120}+k_{1220}+k_{1320}+k_{1420} \leq 890000$

$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0,$   
 $K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$   
 $K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0,$   
 $K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$   
 $K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0,$   
 $K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$   
 $K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0,$   
 $K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$   
 $K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0,$   
 $K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$   
 $K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0,$   
 $K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$

### Resultado do teste 4º Cenário – 6 Portos R\$ 1.294.385.326,32

LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 19

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1294382E+10 (1.294.385.326,32)

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	97.790001
K116	0.000000	67.010002
K117	0.000000	135.379990
K118	921.669983	0.000000
K119	0.000000	76.780006
K120	0.000000	187.770004
K215	0.000000	43.419998
K216	0.000000	2.860001
K217	0.000000	76.250000
K218	154491.671875	0.000000
K219	0.000000	6.160006
K220	0.000000	126.960007
K315	0.000000	21.650003
K316	0.000000	24.340004
K317	0.000000	63.480007
K318	1590166.625000	0.000000
K319	0.000000	5.799997

K320	0.000000	115.039986
K415	0.000000	22.730003
K416	0.000000	16.950003
K417	0.000000	50.030006
K418	254420.031250	0.000000
K419	160206.312500	0.000000
K420	0.000000	97.340004
K515	378613.937500	0.000000
K516	538359.750000	0.000000
K517	0.000000	32.780003
K518	0.000000	7.100008
K519	0.000000	48.099995
K520	0.000000	84.960014
K615	0.000000	24.780001
K616	662076.000000	0.000000
K617	0.000000	65.410004
K618	0.000000	13.370008
K619	0.000000	17.949999
K620	0.000000	117.649994
K715	0.000000	0.660005
K716	894268.312500	0.000000
K717	0.000000	69.130005
K718	0.000000	75.940002
K719	0.000000	85.130005
K720	0.000000	123.170013
K815	0.000000	36.989998
K816	599447.312500	0.000000
K817	0.000000	54.079994
K818	0.000000	1.699999
K819	0.000000	7.549994
K820	0.000000	105.670006
K915	0.000000	0.809997
K916	715503.000000	0.000000
K917	0.000000	44.820007
K918	0.000000	4.059993
K919	0.000000	13.009994
K920	0.000000	98.689987
K1015	0.000000	9.780000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	61.110001
K1018	0.000000	67.610001
K1019	0.000000	77.209991
K1020	0.000000	115.459991
K1115	0.000000	2.779994
K1116	388174.656250	0.000000

K1117	0.000000	76.189995
K1118	0.000000	85.590004
K1119	0.000000	91.480003
K1120	0.000000	127.809990
K1215	0.000000	15.390005
K1216	725238.000000	0.000000
K1217	0.000000	89.170006
K1218	0.000000	101.130005
K1219	0.000000	103.750008
K1220	0.000000	138.400009
K1315	0.000000	19.309999
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	107.739990
K1318	0.000000	118.750000
K1319	0.000000	122.580002
K1320	0.000000	107.830002
K1415	193020.000000	0.000000
K1416	0.000000	4.119994
K1417	0.000000	47.839996
K1418	0.000000	125.439995
K1419	0.000000	130.279999
K1420	0.000000	100.339996

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-148.210007
3)	0.000000	-172.580002
4)	0.000000	-181.259995
5)	0.000000	-173.070007
6)	0.000000	-221.240005
7)	0.000000	-183.220001
8)	0.000000	-185.470001
9)	0.000000	-185.210007
10)	0.000000	-196.639999
11)	0.000000	-177.220001
12)	0.000000	-144.369995
13)	0.000000	-129.490005
14)	0.000000	-119.690002
15)	0.000000	-132.000000
16)	5694533.000000	0.000000
17)	0.000000	5.220000
18)	3731000.000000	0.000000
19)	0.000000	64.519997
20)	1839793.750000	0.000000
21)	890000.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 19

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	97.789993
K116	210.000000	INFINITY	67.009995
K117	283.589996	INFINITY	135.379990
K118	83.690002	67.009995	INFINITY
K119	224.990005	INFINITY	76.779999
K120	335.980011	INFINITY	187.770004
K215	216.000000	INFINITY	43.419998
K216	170.220001	INFINITY	2.859999
K217	248.830002	INFINITY	76.250000
K218	108.059998	2.859999	INFINITY
K219	178.740005	INFINITY	6.160004
K220	299.540009	INFINITY	126.960007
K315	202.910004	INFINITY	21.650009
K316	200.380005	INFINITY	24.340010
K317	244.740005	INFINITY	63.480011
K318	116.739998	5.800003	INFINITY
K319	187.059998	INFINITY	5.800003
K320	296.299988	INFINITY	115.039993
K415	195.800003	INFINITY	22.729996
K416	184.800003	INFINITY	16.949995
K417	223.100006	INFINITY	50.029999
K418	108.550003	1.699989	2.859999
K419	173.070007	2.859999	1.699989
K420	270.410004	INFINITY	97.339996
K515	221.240005	0.660004	2.859999
K516	216.020004	2.859999	0.660004
K517	254.020004	INFINITY	32.779999
K518	163.820007	INFINITY	7.099998
K519	269.339996	INFINITY	48.099991
K520	306.200012	INFINITY	84.960007
K615	208.000000	INFINITY	24.779999
K616	178.000000	13.370003	INFINITY
K617	248.630005	INFINITY	65.410004
K618	132.070007	INFINITY	13.370003
K619	201.169998	INFINITY	17.949997
K620	300.869995	INFINITY	117.649994

K715	186.130005	INFINITY	0.660004
K716	180.250000	0.660004	INFINITY
K717	254.600006	INFINITY	69.130005
K718	196.889999	INFINITY	75.939995
K719	270.600006	INFINITY	85.130005
K720	308.640015	INFINITY	123.170013
K815	222.199997	INFINITY	36.989990
K816	179.990005	1.699989	INFINITY
K817	239.289993	INFINITY	54.079987
K818	122.389999	INFINITY	1.699989
K819	192.759995	INFINITY	7.549988
K820	290.880005	INFINITY	105.669998
K915	197.449997	INFINITY	0.809998
K916	191.419998	0.809998	INFINITY
K917	241.460007	INFINITY	44.820007
K918	136.179993	INFINITY	4.059990
K919	209.649994	INFINITY	13.009995
K920	295.329987	INFINITY	98.689987
K1015	187.000000	INFINITY	9.779999
K1016	172.000000	9.779999	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	61.110001
K1018	180.309998	INFINITY	67.609993
K1019	254.429993	INFINITY	77.209991
K1020	292.679993	INFINITY	115.459991
K1115	147.149994	INFINITY	2.779999
K1116	139.149994	2.779999	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	76.190002
K1118	165.440002	INFINITY	85.590004
K1119	235.850006	INFINITY	91.480011
K1120	272.179993	INFINITY	127.809998
K1215	144.880005	INFINITY	15.389999
K1216	124.269997	15.389999	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	89.169998
K1218	166.100006	INFINITY	101.129997
K1219	233.240005	INFINITY	103.750000
K1220	267.890015	INFINITY	138.400009
K1315	139.000000	INFINITY	19.309998
K1316	114.470001	19.309998	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	107.739990
K1318	173.919998	INFINITY	118.749992
K1319	242.270004	INFINITY	122.580002
K1320	227.520004	INFINITY	107.830002
K1415	132.000000	4.119994	INFINITY
K1416	130.899994	INFINITY	4.119994
K1417	179.839996	INFINITY	47.839996

K1418	192.919998	INFINITY	125.439995
K1419	262.279999	INFINITY	130.279999
K1420	232.339996	INFINITY	100.339996

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	254420.031250	921.669983
3	154491.671875	254420.031250	154491.671875
4	1590166.625000	254420.031250	160206.312500
5	414626.343750	1839793.750000	160206.312500
6	916973.687500	5694533.000000	378613.937500
7	662076.000000	538359.750000	378613.937500
8	894268.312500	538359.750000	378613.937500
9	599447.312500	538359.750000	378613.937500
10	715503.000000	538359.750000	378613.937500
11	712012.312500	538359.750000	378613.937500
12	388174.656250	538359.750000	378613.937500
13	725238.000000	538359.750000	378613.937500
14	179847.671875	538359.750000	179847.671875
15	193020.000000	5694533.000000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	5694533.000000
17	5414927.000000	378613.937500	538359.750000
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	2000000.000000	160206.312500	254420.031250
20	2000000.000000	INFINITY	1839793.750000
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

---

**APÊNDICE 12: Modelo do Cenário 4 com Variação de Sensibilidade na Capacidade Portuária de Itacoatiara para 5.000.000 de toneladas e Resultados Projetados pelo *Lindo*, sem considerar o Porto de Santarém como Rota Alternativa no Modelo.**

Em síntese, o modelo de Programação Linear de minimização de custos foi expresso por: (4º Cenário – 6 Portos: Santos; Paranaguá; Santarém; Rio Grande; São Luis e Itacoatiara – com aumento dos fretes para Santos e Paranaguá – justificados pelo aumento da demanda em períodos sazonais e filas nos portos devido a capacidade portuária infra-estrutural). (STM - Com capacidade = 0 rota não utilizada – Aumento Itacoatiara para 5.000.000).

Minimizar

246k115 + 210k116 + 283.59k117 + 83.69k118 + 224.99k119 + 335.98k120 + 216k215 + 170.22k216 + 248.83k217 + 108.06k218 + 178.74k219 + 299.54k220 + 202.91k315 + 200.38k316 + 244.74k317 + 116.74k318 + 187.06k319 + 296.30k320 + 195.80k415 + 184.80k416 + 223.10k417 + 108.55k418 + 173.07k419 + 270.41k420 + 221.24k515 + 216.02k516 + 254.02k517 + 163.82k518 + 269.34k519 + 306.20k520 + 208k615 + 178k616 + 248.63k617 + 132.07k618 + 201.17k619 + 300.87k620 + 186.13k715 + 180.25k716 + 254.60k717 + 196.89k718 + 270.60k719 + 308.64k720 + 222.20k815 + 179.99k816 + 239.29k817 + 122.39k818 + 192.76k819 + 290.88k820 + 197.45k915 + 191.42k916 + 241.46k917 + 136.18k918 + 209.65k919 + 295.33k920 + 187k1015 + 172k1016 + 238.33k1017 + 180.31k1018 + 254.43k1019 + 292.68k1020 + 147.15k1115 + 139.15k1116 + 220.56k1117 + 165.44k1118 + 235.85k1119 + 272.18k1120 + 144.88k1215 + 124.27k1216 + 218.66k1217 + 166.10k1218 + 233.24k1219 + 267.89k1220 + 139k1315 + 114.47k1316 + 227.43k1317 + 173.92k1318 + 242.27k1319 + 227.52k1320 + 132k1415 + 130.90k1416 + 179.84k1417 + 192.92k1418 + 262.28k1419 + 232.34k1420

Sujeito a:

$$K115 + K116 + K117 + K118 + K119 + K120 = 921.67$$

$$K215 + K216 + K217 + K218 + K219 + K220 = 154491.67$$

$$K315 + K316 + K317 + K318 + K319 + K320 = 1590166.67$$

$$K415 + K416 + K417 + K418 + K419 + K420 = 414626.33$$

$$K515 + K516 + K517 + K518 + K519 + K520 = 916973.67$$

$$K615 + K616 + K617 + K618 + K619 + K620 = 662076$$

$$K715 + K716 + K717 + K718 + K719 + K720 = 894268.33$$

$$K815 + K816 + K817 + K818 + K819 + K820 = 599447.33$$

$$K915 + K916 + K917 + K918 + K919 + K920 = 715503$$

$$K1015 + K1016 + K1017 + K1018 + K1019 + K1020 = 712012.33$$

$$K1115 + K1116 + K1117 + K1118 + K1119 + K1120 = 388174.67$$

$$K1215 + K1216 + K1217 + K1218 + K1219 + K1220 = 725238$$

$$K1315 + K1316 + K1317 + K1318 + K1319 + K1320 = 179847.67$$

$$K1415 + K1416 + K1417 + K1418 + K1419 + K1420 = 193020$$

$$K115+K215+k315+k415+k515+k615+k715+k815+k915+k1015+k1115+k1215+k1315+k1415 \leq 6266167$$

$$K116+k216+k316+k416+k516+k616+k716+k816+k916+k1016+k1116+k1216+k1316+k1416 \leq 5414927$$



$K_{117}+k_{217}+k_{317}+k_{417}+k_{517}+k_{617}+k_{717}+k_{817}+k_{917}+k_{1017}+k_{1117}+k_{1217}+k_{1317}+k_{1417} \leq 3731000$

$K_{118}+k_{218}+k_{318}+k_{418}+k_{518}+k_{618}+k_{718}+k_{818}+k_{918}+k_{1018}+k_{1118}+k_{1218}+k_{1318}+k_{1418} \leq 2000000$

$K_{119}+k_{219}+k_{319}+k_{419}+k_{519}+k_{619}+k_{719}+k_{819}+k_{919}+k_{1019}+k_{1119}+k_{1219}+k_{1319}+k_{1419} \leq 5000000$

$K_{120}+k_{220}+k_{320}+k_{420}+k_{520}+k_{620}+k_{720}+k_{820}+k_{920}+k_{1020}+k_{1120}+k_{1220}+k_{1320}+k_{1420} \leq 8900000$

$K_{115} \geq 0, K_{215} \geq 0, K_{315} \geq 0, K_{415} \geq 0, K_{515} \geq 0, K_{615} \geq 0, K_{715} \geq 0, K_{815} \geq 0, K_{915} \geq 0, K_{1015} \geq 0, K_{1115} \geq 0, K_{1215} \geq 0,$   
 $K_{1315} \geq 0, K_{1415} \geq 0$

$K_{116} \geq 0, K_{216} \geq 0, K_{316} \geq 0, K_{416} \geq 0, K_{516} \geq 0, K_{616} \geq 0, K_{716} \geq 0, K_{816} \geq 0, K_{916} \geq 0, K_{1016} \geq 0, K_{1116} \geq 0, K_{1216} \geq 0,$   
 $K_{1316} \geq 0, K_{1416} \geq 0$

$K_{117} \geq 0, K_{217} \geq 0, K_{317} \geq 0, K_{417} \geq 0, K_{517} \geq 0, K_{617} \geq 0, K_{717} \geq 0, K_{817} \geq 0, K_{917} \geq 0, K_{1017} \geq 0, K_{1117} \geq 0, K_{1217} \geq 0,$   
 $K_{1317} \geq 0, K_{1417} \geq 0$

$K_{118} \geq 0, K_{218} \geq 0, K_{318} \geq 0, K_{418} \geq 0, K_{518} \geq 0, K_{618} \geq 0, K_{718} \geq 0, K_{818} \geq 0, K_{918} \geq 0, K_{1018} \geq 0, K_{1118} \geq 0, K_{1218} \geq 0,$   
 $K_{1318} \geq 0, K_{1418} \geq 0$

$K_{119} \geq 0, K_{219} \geq 0, K_{319} \geq 0, K_{419} \geq 0, K_{519} \geq 0, K_{619} \geq 0, K_{719} \geq 0, K_{819} \geq 0, K_{919} \geq 0, K_{1019} \geq 0, K_{1119} \geq 0, K_{1219} \geq 0,$   
 $K_{1319} \geq 0, K_{1419} \geq 0$

$K_{120} \geq 0, K_{220} \geq 0, K_{320} \geq 0, K_{420} \geq 0, K_{520} \geq 0, K_{620} \geq 0, K_{720} \geq 0, K_{820} \geq 0, K_{920} \geq 0, K_{1020} \geq 0, K_{1120} \geq 0, K_{1220} \geq 0,$   
 $K_{1320} \geq 0, K_{1420} \geq 0$

### Resultado do teste 4º Cenário – 6 Portos R\$ 1.433.152.677,10

LINDO:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 17

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1433149E+10 ( 1.433.152.677,10 )

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
K115	0.000000	30.780001
K116	921.669983	0.000000
K117	0.000000	68.369995
K118	0.000000	0.000000
K119	0.000000	9.770005
K120	0.000000	120.760010
K215	0.000000	40.560001
K216	154491.671875	0.000000
K217	0.000000	73.389999
K218	0.000000	64.149994
K219	0.000000	3.300005
K220	0.000000	124.100006
K315	0.000000	15.850003
K316	0.000000	18.540005
K317	0.000000	57.680004
K318	0.000000	61.209999

K319	1590166.625000	0.000000
K320	0.000000	109.239990
K415	0.000000	22.730003
K416	0.000000	16.950003
K417	0.000000	50.030006
K418	0.000000	67.010002
K419	414626.343750	0.000000
K420	0.000000	97.340004
K515	534027.312500	0.000000
K516	382946.406250	0.000000
K517	0.000000	32.780003
K518	0.000000	74.110008
K519	0.000000	48.099995
K520	0.000000	84.960014
K615	0.000000	24.780001
K616	662076.000000	0.000000
K617	0.000000	65.410004
K618	0.000000	80.380005
K619	0.000000	17.949999
K620	0.000000	117.649994
K715	0.000000	0.660005
K716	894268.312500	0.000000
K717	0.000000	69.130005
K718	0.000000	142.949997
K719	0.000000	85.130005
K720	0.000000	123.170013
K815	0.000000	36.989998
K816	599447.312500	0.000000
K817	0.000000	54.079994
K818	0.000000	68.709999
K819	0.000000	7.549994
K820	0.000000	105.670006
K915	0.000000	0.809997
K916	715503.000000	0.000000
K917	0.000000	44.820007
K918	0.000000	71.069992
K919	0.000000	13.009994
K920	0.000000	98.689987
K1015	0.000000	9.780000
K1016	712012.312500	0.000000
K1017	0.000000	61.110001
K1018	0.000000	134.619995
K1019	0.000000	77.209991
K1020	0.000000	115.459991
K1115	0.000000	2.779994

K1116	388174.656250	0.000000
K1117	0.000000	76.189995
K1118	0.000000	152.600006
K1119	0.000000	91.480003
K1120	0.000000	127.809990
K1215	0.000000	15.390005
K1216	725238.000000	0.000000
K1217	0.000000	89.170006
K1218	0.000000	168.139999
K1219	0.000000	103.750008
K1220	0.000000	138.400009
K1315	0.000000	19.309999
K1316	179847.671875	0.000000
K1317	0.000000	107.739990
K1318	0.000000	185.759995
K1319	0.000000	122.580002
K1320	0.000000	107.830002
K1415	193020.000000	0.000000
K1416	0.000000	4.119994
K1417	0.000000	47.839996
K1418	0.000000	192.449997
K1419	0.000000	130.279999
K1420	0.000000	100.339996

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-215.220001
3)	0.000000	-175.440002
4)	0.000000	-187.059998
5)	0.000000	-173.070007
6)	0.000000	-221.240005
7)	0.000000	-183.220001
8)	0.000000	-185.470001
9)	0.000000	-185.210007
10)	0.000000	-196.639999
11)	0.000000	-177.220001
12)	0.000000	-144.369995
13)	0.000000	-129.490005
14)	0.000000	-119.690002
15)	0.000000	-132.000000
16)	5539119.500000	0.000000
17)	0.000000	5.220000
18)	3731000.000000	0.000000
19)	0.000000	131.529999
20)	2995207.000000	0.000000

21) 890000.000000 0.000000

NO. ITERATIONS= 17

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
K115	246.000000	INFINITY	30.779999
K116	210.000000	9.770004	61.209999
K117	283.589996	INFINITY	68.369995
K118	83.690002	61.209999	INFINITY
K119	224.990005	INFINITY	9.770004
K120	335.980011	INFINITY	120.760010
K215	216.000000	INFINITY	40.559998
K216	170.220001	3.300003	INFINITY
K217	248.830002	INFINITY	73.389999
K218	108.059998	INFINITY	64.149994
K219	178.740005	INFINITY	3.300003
K220	299.540009	INFINITY	124.100006
K315	202.910004	INFINITY	15.850006
K316	200.380005	INFINITY	18.540007
K317	244.740005	INFINITY	57.680008
K318	116.739998	INFINITY	61.209999
K319	187.059998	15.850006	INFINITY
K320	296.299988	INFINITY	109.239990
K415	195.800003	INFINITY	22.729996
K416	184.800003	INFINITY	16.949995
K417	223.100006	INFINITY	50.029999
K418	108.550003	INFINITY	67.009995
K419	173.070007	16.949995	INFINITY
K420	270.410004	INFINITY	97.339996
K515	221.240005	0.660004	4.119994
K516	216.020004	4.119994	0.660004
K517	254.020004	INFINITY	32.779999
K518	163.820007	INFINITY	74.110001
K519	269.339996	INFINITY	48.099991
K520	306.200012	INFINITY	84.960007
K615	208.000000	INFINITY	24.779999
K616	178.000000	17.949997	INFINITY
K617	248.630005	INFINITY	65.410004
K618	132.070007	INFINITY	80.380005
K619	201.169998	INFINITY	17.949997

K620	300.869995	INFINITY	117.649994
K715	186.130005	INFINITY	0.660004
K716	180.250000	0.660004	INFINITY
K717	254.600006	INFINITY	69.130005
K718	196.889999	INFINITY	142.949997
K719	270.600006	INFINITY	85.130005
K720	308.640015	INFINITY	123.170013
K815	222.199997	INFINITY	36.989990
K816	179.990005	7.549988	INFINITY
K817	239.289993	INFINITY	54.079987
K818	122.389999	INFINITY	68.709991
K819	192.759995	INFINITY	7.549988
K820	290.880005	INFINITY	105.669998
K915	197.449997	INFINITY	0.809998
K916	191.419998	0.809998	INFINITY
K917	241.460007	INFINITY	44.820007
K918	136.179993	INFINITY	71.069992
K919	209.649994	INFINITY	13.009995
K920	295.329987	INFINITY	98.689987
K1015	187.000000	INFINITY	9.779999
K1016	172.000000	9.779999	INFINITY
K1017	238.330002	INFINITY	61.110001
K1018	180.309998	INFINITY	134.619995
K1019	254.429993	INFINITY	77.209991
K1020	292.679993	INFINITY	115.459991
K1115	147.149994	INFINITY	2.779999
K1116	139.149994	2.779999	INFINITY
K1117	220.559998	INFINITY	76.190002
K1118	165.440002	INFINITY	152.600006
K1119	235.850006	INFINITY	91.480011
K1120	272.179993	INFINITY	127.809998
K1215	144.880005	INFINITY	15.389999
K1216	124.269997	15.389999	INFINITY
K1217	218.660004	INFINITY	89.169998
K1218	166.100006	INFINITY	168.139999
K1219	233.240005	INFINITY	103.750000
K1220	267.890015	INFINITY	138.400009
K1315	139.000000	INFINITY	19.309998
K1316	114.470001	19.309998	INFINITY
K1317	227.429993	INFINITY	107.739990
K1318	173.919998	INFINITY	185.759995
K1319	242.270004	INFINITY	122.580002
K1320	227.520004	INFINITY	107.830002
K1415	132.000000	4.119994	INFINITY
K1416	130.899994	INFINITY	4.119994

K1417	179.839996	INFINITY	47.839996
K1418	192.919998	INFINITY	192.449997
K1419	262.279999	INFINITY	130.279999
K1420	232.339996	INFINITY	100.339996

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	921.669983	382946.406250	921.669983
3	154491.671875	382946.406250	154491.671875
4	1590166.625000	2995207.000000	1590166.625000
5	414626.343750	2995207.000000	414626.343750
6	916973.687500	5539119.500000	534027.312500
7	662076.000000	382946.406250	534027.312500
8	894268.312500	382946.406250	534027.312500
9	599447.312500	382946.406250	534027.312500
10	715503.000000	382946.406250	534027.312500
11	712012.312500	382946.406250	534027.312500
12	388174.656250	382946.406250	388174.656250
13	725238.000000	382946.406250	534027.312500
14	179847.671875	382946.406250	179847.671875
15	193020.000000	5539119.500000	193020.000000
16	6266167.000000	INFINITY	5539119.500000
17	5414927.000000	534027.312500	382946.406250
18	3731000.000000	INFINITY	3731000.000000
19	0.000000	921.669983	0.000000
20	5000000.000000	INFINITY	2995207.000000
21	890000.000000	INFINITY	890000.000000

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)