



ANA PAULA MILANEZ

**UM MODELO DE DESIGN DE REDE PARA EXPORTAÇÃO DA SOJA NO
BRASIL**

*DESIGN NETWORK MODEL APPLIED TO BRAZILIAN SOYBEANS
EXPORTATION*

**CAMPINAS
2014**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO**

ANA PAULA MILANEZ

**UM MODELO DE DESIGN DE REDE PARA EXPORTAÇÃO DA SOJA NO
BRASIL**

*DESIGN NETWORK MODEL APPLIED TO BRAZILIAN SOYBEANS
EXPORTATION*

Orientador: Prof. Dr. Takaaki Ohishi

Coorientador: Prof. Dr. Anibal Tavares de Azevedo

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutora em Engenharia Elétrica, na área de Automação.

Doctorate thesis presented to the Electrical Engineering Postgraduation Programm of the School of Engineering Electrical of the University of Campinas to obtain the Ph.D. grade in Engineering Electrical, in field of Automation.

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida
pela aluna Ana Paula Milanez e orientado pelo Prof. Dr. Takaaki Ohishi

**CAMPINAS
2014**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

M59m Milanez, Ana Paula, 1982-
Um modelo de design de rede para exportação da soja no Brasil / Ana Paula Milanez. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Takaaki Ohishi.

Coorientador: Anibal Tavares de Azevedo.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Armazenamento e transporte de carga. 2. Otimização combinatória. 3. Logística. 4. Soja - Exportação. I. Ohishi, Takaaki, 1955-. II. Azevedo, Anibal Tavares. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Design network model applied to brazilian soybeans exportation

Palavras-chave em inglês:

Storage and cargo transport

Combinatorial optimization

Logistic

Soybean export

Área de concentração: Automação

Titulação: Doutora em Engenharia Elétrica

Banca examinadora:

Takaaki Ohishi [Orientador]

Nelio Domingues Pizzolato

José Vicente Caixeta Filho

Andréa Leda Ramos de Oliveira

Paulo Augusto Valente Ferreira

Data de defesa: 18-03-2014

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

COMISSÃO JULGADORA - TESE DE DOUTORADO

Candidata: Ana Paula Milanez

Data da Defesa: 18 de março de 2014

Título da Tese: "Um Modelo de Design de Rede para Exportação da Soja no Brasil"

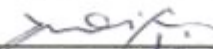
Prof. Dr. Takaaki Ohishi (Presidente):



Prof. Dr. Nelio Domingues Pizzolato:



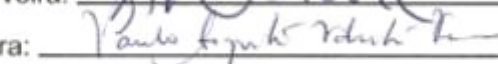
Prof. Dr. José Vicente Caixeta Filho:



Profa. Dra. Andréa Leda Ramos de Oliveira:



Prof. Dr. Paulo Augusto Valente Ferreira:



RESUMO

A cadeia de exportação da soja tem alta participação no desempenho econômico do país. No entanto, as principais áreas produtoras são expostas a diversos problemas logísticos decorrentes da falta de planejamento e de investimentos em infraestrutura. Como resultado, os produtores são onerados pelos custos diminuindo seu capital disponível para investimentos, o que compromete as safras futuras e a projeção econômica do país. Diante desta realidade o governo brasileiro tem tomado medidas e realizando investimentos para sanar estes problemas. Os investimentos realizados em infraestrutura devem ser planejados para o longo prazo.

Deste modo, este trabalho propõe a análise de um modelo capacitado de design de rede de hubs e, posteriormente, com base no mesmo, desenvolve três de modelos matemáticos que descrevem a cadeia exportação da soja e suas especificidades a fim de, criar uma ferramenta de análise para definir a localização de facilidades, armazenadoras/ consolidadoras/ redirecionadoras de fluxo, as rotas a serem utilizadas e a utilização dos portos para otimizar esta cadeia.

Para aplicar os modelos, o Estado do Mato Grosso foi selecionado como foco do estudo, e com base no qual, foi realizado um extenso levantamento de dados da soja.

Considerando que o Estado do Mato Grosso é dividido em 22 microrregiões foram estimadas a quantidade de soja produzida, identificada a quantidade de soja exportada e a capacidade estática de cada microrregião. Também foram identificados os principais países importadores da soja brasileira e os principais portos de exportação, além das quantidades de soja exportada para cada país, a utilização atual dos portos e identificação das rotas terrestres e marítimas utilizadas no transporte.

Palavras-chave: Localização, Localização de hubs, Logística.

ABSTRACT

The soybean exporter chain has high participation in the economic performance of the country. However, the main producing areas are exposed to several logistical problems arising from lack of planning and investment in infrastructure. As a result, producers are burdened by the costs and have an available capital decrease to future investments, which reduce futures crops and future economic potential of the country. Faced with this reality, the Brazilian government has taken measures and investing to solve these problems. Investments in infrastructure should be planned for the long term.

Thus, this paper proposes the analysis of a capacitated model design of network hubs and then, based on it, develops three mathematical models that describe the soybeans exporter chain, in order to create an analysis tool to define the location of facilities, as storage / switching / trans-shipment facilities, define routes and ports that should be utilized to optimize the use of the chain.

In order to apply the model, the state of Mato Grosso was selected as the focus of this study and, based on which, an extensive survey data of soybeans was realized.

Whereas that the State of Mato Grosso is divided into 22 micro regions it was estimated their soybeans production, identified the amount of soybeans exported and the static capacity to each one. The main importer's countries of Brazilian soybeans and the major export ports it was also identified, in addition, the amounts of soybeans exported by each country and ports, and identification of routes and sea routes used to transport.

Keywords: Location, Hub location, Logistic.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	XVII
LISTA DE FIGURAS	XIX
LISTA DE TABELAS	XXI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XXV
CAPÍTULO 1 . INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO E ESTRUTURA DO TRABALHO	3
CAPÍTULO 2 . DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 INTRODUÇÃO	5
2.2 O ESTADO DO MATO GROSSO E OS DADOS UTILIZADOS	5
2.2.1 PRODUÇÃO DE SOJA EM MATO GROSSO NO PERÍODO 2010-2012	7
2.2.2 OS PORTOS DE EXPORTAÇÃO DA SOJA MATO-GROSSENSE	12
2.2.3 OS PAÍSES IMPORTADORES DA SOJA MATO-GROSSENSE	13
2.2.4 AS ROTAS TERRESTRES E MARITÍMAS	15
2.2.5 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO GRANELEIRA	19
2.3 TRABALHOS CORRELATOS	21
2.4 CONCLUSÃO	25
CAPÍTULO 3 . O PROBLEMA CAPACITADO DE DESIGN DE REDE DE HUBS	27
3.1 INTRODUÇÃO	27
3.2 MODELO MATEMÁTICO	28
3.3 RESULTADOS COMPUTACIONAIS	30
3.3.1 CM	31
3.3.2 EECM	35
3.4 CONCLUSÃO	36
CAPÍTULO 4 . O MODELO DINÂMICO CAPACITADO DE DESIGN DE REDE DE HUBS	39
4.1 INTRODUÇÃO	39
4.2 O MODELO MATEMÁTICO	40
4.3 RESULTADOS COMPUTACIONAIS	42

4.3.1 ANÁLISE DE 1 ANO	43
4.3.1.1 CM	44
4.3.1.2 EECM	49
4.3.1.3 CM-T	52
4.3.1.4 EECM-T	55
4.3.2 ANÁLISE DE 3 ANOS	58
4.3.2.1 CM	60
4.3.2.2 EECM	64
4.3.2.3 CM-T	67
4.3.2.4 EECM-T	70
4.4 CONCLUSÃO	73
CAPÍTULO 5 . O MODELO DINÂMICO COM MÚLTIPLOS NÍVEIS DE CAPACIDADE DE DESIGN DE REDE DE HUBS	77
5.1 INTRODUÇÃO	77
5.2 MODELO MATEMÁTICO	77
5.3 RESULTADO COMPUTACIONAL	79
5.3.1 ANÁLISE DE 1 ANO	79
5.3.1.1 CM	80
5.3.1.2 EECM	84
5.3.1.3 CM-T	88
5.3.1.4 EECM-T	91
5.3.2 ANÁLISE DE 3 ANOS	95
5.3.2.1 CM	96
5.3.2.2 EECM	100
5.3.2.3 CM-T	104
5.3.2.4 EECM-T	108
5.4 CONCLUSÃO	112
CAPÍTULO 6 . O MODELO DINÂMICO COM MÚLTIPLOS NÍVEIS DE CAPACIDADE DE DESIGN DE REDE DE HUBS ESTENDIDO	115
6.1 INTRODUÇÃO	115
6.2 MODELO MATEMÁTICO	116
6.3 RESULTADOS COMPUTACIONAIS	118
6.3.1 CAPACIDADE DE SANTOS NÃO-EXPANSÍVEL	119

6.3.1.1 CM.....	120
6.3.1.2 EECM	126
6.3.1.3 CM-T	131
6.3.1.4 EECM-T	136
6.3.2 CAPACIDADE DE SANTOS EXPANSÍVEL	141
6.3.2.1 CM.....	142
6.3.2.2 EECM	147
6.3.2.3 CM-T	152
6.3.2.4 EECM-T	157
6.4 CONCLUSÃO	161
CAPÍTULO 7 . CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	167
7.1 CONCLUSÕES	167
7.2 TRABALHOS FUTUROS	169
REFERÊNCIAS.....	171
ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO DOS CUSTOS TERRESTRES.....	177
ANEXO B – SIGLAS E NOMES DAS LOCALIDADES UTILIZADAS	185

À minha família por todo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Maria Aparecida Palmiro e José Roberto Milanez que me apoiaram e incentivaram em todos os momentos e, sem os quais nada seria possível.

Ao meu irmão Luís Francisco Milanez, a minha cunhada Fabiana Garcia Milanez e sobrinhos Pedro Garcia Milanez e Felipe Garcia Milanez, minhas fontes de alegria eterna.

Ao meu namorado Luis Henrique de Lima que acompanhou de perto todo este processo e me incentivou com seu companheirismo e amor.

Ao Prof. Dr. Takaaki Ohishi por me acolher sem receios e me orientar possibilitando a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Anibal Tavares de Azevedo que, me acolheu, sugeriu o tema desta pesquisa, encontrou os caminhos para realizá-la, me acompanhou e orientou durante todos os momentos, tornando-se para mim um modelo a ser seguido. Minha gratidão por todos os conselhos e amizade.

À Prof. Dra. Andréa Leda Ramos de Oliveira que abraçou este projeto e contribuiu, sem restrições, passando todo seu conhecimento sobre o assunto. Sou grata por disponibilidade e carinho.

Ao Prof. Dr. Vinícius Amaral Armento pela sua contribuição nos conhecimentos adquiridos.

As minhas amigas e confidentes Iara e Paola, que compartilharam comigo este momento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. A divisão do Estado do Mato Grosso em 22 microrregiões	7
Figura 2-2. Representação das rotas de exportação.....	16
Figura 3-1. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CDRH.....	32
Figura 4-1. Divisão dos nós da rede em Macrorregiões	43
Figura 4-2. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DCDRH	45
Figura 4-3. Estoques/entregas por macrorregião em CM - DCDRH	47
Figura 4-4. Estoques/entregas por macrorregião em EECM- DCDRH.....	50
Figura 4-5. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DCDRH.....	52
Figura 4-6. Estoques/entregas por macrorregião em CM-T - DCDRH.....	54
Figura 4-7. Estoques/entregas por macrorregião em EECM-T - DCDRH.....	57
Figura 4-8. Estoques/entregas por macrorregião em CM - DCDRH	62
Figura 4-9. Estoques/entregas por macrorregião em EECM- DCDRH.....	66
Figura 4-10. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DCDRH.....	67
Figura 4-11. Estoques/entregas por macrorregião em CM-T - DCDRH.....	69
Figura 4-12. Estoques/entregas por macrorregião em EECM-T - DCDRH.....	72
Figura 5-1. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DNCDRH.....	80
Figura 5-2. Estoques/entregas por macrorregião em CM – DNCDRH.....	83
Figura 5-3. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM - DNCDRH.....	85
Figura 5-4. Estoques/entregas por macrorregião - EECM – DNCDRH.....	87
Figura 5-5. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DNCDRH.....	88
Figura 5-6. Estoques/entregas por macrorregião em CM-T - DNCDRH.....	90
Figura 5-7. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM-T - DNCDRH.....	92
Figura 5-8. Estoques/entregas por macrorregião EECM-T - DNCDRH.....	94
Figura 5-9. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DNCDRH.....	96
Figura 5-10. Estoques/entregas por macrorregião em CM- DNCDRH.....	99
Figura 5-11. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM - DNCDRH.....	101
Figura 5-12. Estoques/entregas por macrorregião em EECM - DNCDRH.....	103
Figura 5-13. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T – DNCDRH	105
Figura 5-14. Estoques/entregas por macrorregião em CM-T – DNCDRH	107

Figura 5-15. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM-T - DNCDRH.....	108
Figura 5-16. Estoques/entregas por macrorregião em EECM-T – DNCDRH	111
Figura 6-1. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DNCDRHE	121
Figura 6-2. Estoques por macrorregião CM - DNCDRHE	124
Figura 6-3. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em CM - DNCDRHE	125
Figura 6-4. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM - DNCDRHE	126
Figura 6-5. Estoques por macrorregião EECM – DNCDRHE.....	129
Figura 6-6. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em EECM - DNCDRHE	130
Figura 6-7. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DNCDRHE	131
Figura 6-8. Estoques por macrorregião CM-T – DNCDRHE.....	134
Figura 6-9. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em CM-T – DNCDRHE.....	135
Figura 6-10. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM-T - DNCDRHE	136
Figura 6-11. Estoques por macrorregião em EECM-T - DNCDRHE.....	139
Figura 6-12. Intensidade das entregas realizadas pelos portos EECM-T - DNCDRHE	140
Figura 6-13. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DNCDRHE	142
Figura 6-14. Estoques por macrorregiões em CM - DNCDRHE.....	145
Figura 6-15. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em CM – DNCDRHE	146
Figura 6-16. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM - DNCDRHE	148
Figura 6-17. Estoques por macrorregião em EECM – DNCDRHE.....	151
Figura 6-18. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em EECM- DNCDRHE	151
Figura 6-19. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DNCDRHE	153
Figura 6-20. Estoques por macrorregião em CM-T - DNCDRHE.....	155
Figura 6-21. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em CM-T - DNCDRHE	156
Figura 6-22. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM-T - DNCDRHE	157
Figura 6-23. Estoques por macrorregiões em EECM-T - DNCDRHE	159
Figura 6-24. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em EECM-T - DNCDRHE	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1. Estimativa de Oferta e Demanda de soja em MT (mil toneladas).....	8
Tabela 2-2. Fracionamento da soja disponível (mil toneladas).....	10
Tabela 2-3. Quantidade de soja exportada por porto (mil toneladas).....	12
Tabela 2-4. Países importadores de soja e quantidades importadas (mil toneladas).....	14
Tabela 2-5. Distâncias e custos de frete marítimos	18
Tabela 2-6. Capacidade e custo de instalação das facilidades para cada nó da rede.....	20
Tabela 3-1. Resultados gerais obtidos para o problema CDRH	31
Tabela 3-2. Rotas intermediárias em CM - CDRH	33
Tabela 3-3. Rotas de entregas de soja aos portos CM - CDRH.....	34
Tabela 3-4. Rotas intermediárias em EECM - CDRH.....	35
Tabela 3-5. Rotas de entrega de soja aos portos em EECM – CDRH.....	36
Tabela 4-1. Resultados gerais para 1 ano para o modelo DCDRH	44
Tabela 4-2. Hubs e capacidade instalada em CM - DCDRH	45
Tabela 4-3. Rotas intermediárias em CM - DCDRH.....	46
Tabela 4-4. Rotas de entrega de soja aos portos em CM - DCDRH	48
Tabela 4-5. Rotas intermediárias em EECM - DCDRH.....	49
Tabela 4-6. Rotas de entrega de soja aos portos em EECM- DCDRH	51
Tabela 4-7. Hubs e capacidade instalada em CM-T - DCDRH.....	53
Tabela 4-8. Rotas intermediárias em CM-T - DCDRH.....	53
Tabela 4-9. Rotas de entrega de soja aos portos em CM-T - DCDRH.....	55
Tabela 4-10. Hubs e capacidade instalada em EECM-T - DCDRH.....	56
Tabela 4-11. Rotas intermediárias em CM-T - DCDRH.....	56
Tabela 4-12. Rotas de entrega de soja aos portos em EECM-T – DCDRH	58
Tabela 4-13. Resultados gerais para 3 anos para o modelo DCDRH.....	59
Tabela 4-14. Rotas intermediárias utilizadas por ano em CM - DCDRH	60
Tabela 4-15. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em CM - DCDRH	63
Tabela 4-16. Rotas intermediárias utilizadas por ano em EECM- DCDRH	65
Tabela 4-17. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM - DCDRH	65
Tabela 4-18. Hubs e capacidades instaladas em CM-T - DCDRH	68

Tabela 4-19. Rotas intermediárias utilizadas por ano em CM-T - DCDRH	68
Tabela 4-20. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em CM-T - DCDRH	70
Tabela 4-21. Rotas intermediárias utilizadas por ano EECM-T - DCDRH	71
Tabela 4-22. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM-T - DCDRH.....	73
Tabela 5-1. Resultados gerais para 1 ano do modelo DNCDRH	80
Tabela 5-2. Hubs e capacidade instalada em CM - DNCDRH	81
Tabela 5-3. Rotas intermediárias em CM- DNCDRH.....	82
Tabela 5-4. Rotas de entrega de soja aos portos em CM – DNCDRH.....	84
Tabela 5-5. Hubs e capacidade instalada em EECM - DNCDRH.....	85
Tabela 5-6. Rotas intermediárias em EECM-DNCDRH.....	86
Tabela 5-7. Rotas entrega de soja aos portos em EECM - DNCDRH	86
Tabela 5-8. Hubs e capacidade instalada em CM-T - DNCDRH.....	89
Tabela 5-9. Rotas intermediárias em CM-T - DNCDRH.....	89
Tabela 5-10. Rotas de entrega de soja aos portos em CM-T - DNCDRH.....	91
Tabela 5-11. Hubs e capacidade instalada EECM-T em DNCDRH	92
Tabela 5-12. Rotas intermediárias em EECM-T – DNCDRH	93
Tabela 5-13. Rotas de entrega de soja aos portos em EECM-T - DNCDRH.....	93
Tabela 5-14. Resultados gerais para 3 anos do modelo DNCDRH.....	95
Tabela 5-15. Hubs e capacidade instalada CM em DNCDRH.....	97
Tabela 5-16. Rotas intermediáriaas utilizadas por ano em CM – DNCDRH.....	98
Tabela 5-17. Rotas de entrega de soja aos portos em CM - DNCDRH	100
Tabela 5-18. Hubs e capacidade instalada em EECM – DNCDRH.....	101
Tabela 5-19. Rotas intermediárias utilizadas por ano em EECM – DNCDRH.....	102
Tabela 5-20. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM - DNCDRH	104
Tabela 5-21. Hubs e capacidade instalada em CM-T - DNCDRH.....	105
Tabela 5-22. Rotas intermediárias utilizadas por ano em CM-T – DNCDRH.....	106
Tabela 5-23. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM-T - DNCDRH.....	108
Tabela 5-24. Hubs e capacidade instalada em EECM-T - DNCDRH.....	109
Tabela 5-25. Rotas intermediárias utilizadas por ano em EECM-T – DNCDRH.....	110
Tabela 5-26. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM-T - DNCDRH.....	112
Tabela 6-1. Resultados gerais para restrições no Porto de Santos.....	119

Tabela 6-2. Hubs e capacidades instaladas em CM - DNCDRHE	121
Tabela 6-3. Rotas intermediárias em CM - DNCDRHE	122
Tabela 6-4. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em CM - DNCDRHE	123
Tabela 6-5. Destino da soja dos portos exportadores em CM - DNCDRHE	125
Tabela 6-6. Hubs e capacidades instaladas em EECM - DNCDRH	127
Tabela 6-7. Rotas intermediárias em EECM - DNCDRHE	128
Tabela 6-8. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em EECM - DNCDRHE	128
Tabela 6-9. Destino da soja dos portos exportadores em EECM - DNCDRHE	130
Tabela 6-10. Hubs e capacidades instaladas para CM-T - DNCDRHE	132
Tabela 6-11. Rotas de intermediárias em CM-T – DNCDRHE	133
Tabela 6-12. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em CM-T - DNCDRHE	133
Tabela 6-13. Destino da soja dos portos exportadores em CM-T - DNCDRHE.....	135
Tabela 6-14. Hubs e capacidades instaladas para EECM-T - DNCDRHE	137
Tabela 6-15. Rotas intermediárias em EECM-T - DNCDRHE.....	138
Tabela 6-16. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em EECM-T - DNCDRHE	138
Tabela 6-17. Destino da soja dos portos exportadores em EECM-T - DNCDRHE.....	140
Tabela 6-18. Resultados gerais para capacidade de Santos expansível.....	141
Tabela 6-19. Hubs e capacidades instaladas em CM - DNCDRHE	143
Tabela 6-20. Rotas intermediárias em CM - DNCDRHE	143
Tabela 6-21. Balanço do modo de entrega da soja aos portos CM - DNCDRHE.....	144
Tabela 6-22. Destino da soja dos portos exportadores em CM - DNCDRHE	147
Tabela 6-23. Hubs e capacidades instaladas em EECM - DNCDRHE	148
Tabela 6-24. Rotas intermediárias em EECM - DNCDRHE	149
Tabela 6-25. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em CM - DNCDRHE	150
Tabela 6-26. Destino da soja dos portos exportadores em EECM-T - DNCDRHE.....	152
Tabela 6-27. Hubs e capacidades instaladas em CM-T - DNCDRHE	153
Tabela 6-28. Rotas de consolidação/redirecionamento de soja em CM-T - DNCDRHE	154
Tabela 6-29. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em CM-T - DNCDRHE	154
Tabela 6-30. Destino da soja dos portos exportadores em EECM-T - DNCDRHE.....	156
Tabela 6-31. Hubs e capacidades instaladas em EECM-T - DNCDRHE	158
Tabela 6-32. Rotas intermediárias em EECM-T - DNCDRHE.....	158

Tabela 6-33. Balanço do modo de entrega da soja aos portos EECM-T- DNCDRHE	159
Tabela 6-34. Destino da soja dos portos exportadores em EECM-T - DNCDRHE.....	161
Tabela 6-35. Participação nas exportações por porto	162
Tabela 6-36. Comportamento das entregas considerando a capacidade dos portos	163
Tabela 6-37. Participação na exportação de soja por porto.....	164
Tabela A-1 – Exemplo do cálculo da distância rodoviária ponderada pela produção de soja	178
Tabela A-2. Relação percentual entre frete rodoviário e ferroviário/hidroviário.....	179
Tabela B-1. Siglas e nomes das localidades utilizadas.....	185

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTAQ	Agência Nacional de Transporte Aquaviário
CDRH	Capacitado de Design de Rede Hub
CM	Custo de Mercado
CM-T	Custo de Mercado com armazenamento permitido no ponto de Transbordo
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DCDRH	Dinâmico Capacitado de Design de rede de Hub
DE	País Demandante
DNCDRH	Dinâmico com Múltiplos Níveis de Capacidade de Design de Rede de Hub
DNCDRHE	Dinâmico com Múltiplos Níveis de Capacidade de Design de Rede de Hub Es- tendido
EECM	Custo de Mercado com Economia de Escala
EECM-T	Custo de Mercado com Economia de Escala e armazenamento permitido no ponto de Transbordo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMEA	Instituto Mato Grossense de Economia Agropecuária
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MI	Microrregião do Estado do Mato Grosso
PO	Porto
TR	Ponto de Transbordo
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

CAPÍTULO 1 . INTRODUÇÃO

O constante crescimento da população mundial associado ao aumento da renda per capita, tem impulsionado o crescimento da produção de alimentos para atender à crescente demanda e evitar a incapacidade de atender à mesma. Seguindo a tendência mundial, o Brasil expandiu o agronegócio e hoje se caracteriza por cadeias produtivas integradas, pela elevada participação no PIB, manutenção do saldo positivo da balança comercial e a contribuição para o controle da inflação (OLIVEIRA, 2011).

Dentro do agronegócio, a cultura da soja ganha cada vez mais espaço na produção agrícola brasileira. Nos últimos anos, a produção de soja teve um crescimento expressivo, tanto no aumento da área plantada como no aumento da produtividade. Na safra de 2013 a produção brasileira foi de aproximadamente 82 milhões de toneladas e a expectativa para a safra de 2014 varia entre 87 milhões de toneladas e 90 milhões de toneladas. Acompanhando a produtividade, o país também aumentou sua participação no comércio exterior exportando 42,5 milhões de toneladas na safra 2013 e a previsão para a safra de 2014 é de 45 milhões de toneladas (CONAB, 2013b; USDA, 2013a).

Em relação à cultura mundial de soja, o Brasil é o maior produtor e exportador do grão, superando os Estados Unidos na safra 2013 e, junto com os Estados Unidos e Argentina, detêm 81% da produção mundial e 86% das exportações. O ranking das exportações é liderado pelo Brasil (37,6%), seguido pelos Estados Unidos (37,5%) e Argentina (10,6%), tendo como principais destinos o mercado chinês (64%) e europeu (12%) (USDA, 2013).

No entanto, o aumento da safra brasileira evidencia a fragilidade do sistema logístico do país, que passa por problemas desde a matriz de transporte, armazenamento, e até a capacidade e eficiência dos portos, fatores aos quais são atribuídos os altos custos logísticos brasileiros.

Como a soja é precificada pela bolsa de valores de Chicago, os produtores e *tradings* não possuem controle de seu preço, o que compromete a competitividade da soja brasileira frente aos mercados internacionais. Segundo Caixeta-Filho (1996), no caso de cargas agrícolas, como a soja, que normalmente possuem baixo valor unitário agregado, o impacto dos custos logísticos no custo final do produto é significativo.

Para tentar resolver o problema da matriz de transporte brasileira, o governo federal lançou o PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, que tem o objetivo de dotar o país com

uma infraestrutura de transporte adequada para um crescimento econômico acelerado e sustentável. Para isso, o governo pretende investir em integração, criação e melhoria de rodovias, ferrovias, hidrovias, portos e aeroportos (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2013). Outra medida adotada foi voltada para sistema de armazenagem que é escasso e ineficiente. Segundo o diagnóstico de armazenagem realizado pela CONAB (2013), o Brasil tem uma meta de que pelo menos 30% das propriedades rurais tenham armazéns próprios, enquanto países como Estados Unidos e União Europeia possuem respectivamente, 65% e 50% de suas propriedades rurais com capacidade de armazenamento.

Ainda segundo a FAO¹ o ideal seria que o país tivesse uma capacidade estática para armazenar 1,2 vezes a sua safra anual (CONAB, 2013). Hoje, a capacidade estática de armazéns para grãos com cadastro no Brasil é de 142 milhões de toneladas, estão incluídos neste número os armazéns que foram cadastrados e não cumprem as exigências necessárias para o armazenamento, e a produção da safra de 2012 foi de 66 milhões de toneladas de soja e a produção total de grãos foi de 158 milhões toneladas. Portanto, mesmo as safras de grãos não ocorrerem no mesmo período, se houver algum problema de escoamento, na ocasião da safra, seria difícil acomodar a produção.

Já os Estados Unidos, principal concorrente do Brasil em termos de exportação de grãos, possui capacidade para armazenar 2,5 vezes a sua safra de grãos e com isso, tem liberdade para negociar sua safra em momentos apropriados (MAPA, 2013b). O incentivo para construção de armazéns rurais traria esta vantagem aos produtores brasileiros que são obrigados a escoar a safra logo após a colheita quando o preço da soja é baixo por causa oferta e há altos custos de fretes e armazenagem por conta da sobrecarga viária e portuária.

Diante de tantas dificuldades, muitos trabalhos foram desenvolvidos para tratar o problema do escoamento de grãos, no entanto, a maioria deles trata o problema como um problema de fluxo no intuito de escoar os grãos do produtor aos portos desconsiderando a importância da localização dos armazéns e hubs responsáveis pelo redirecionamento, consolidação e armazenamento, além da avaliação de capacidade de armazenamento das localidades e portos.

Logo, este trabalho propõe o desenvolvimento de um modelo matemático que dimensiona e localiza facilidades na cadeia de exportação da soja a fim de otimizar esta cadeia.

¹ Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

1.1 OBJETIVO E ESTRUTURA DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é propor e analisar modelos de design de rede de hubs para o planejamento da cadeia de exportação de soja brasileira. O estudo evidencia a necessidade de planejar a rede considerando a localização de pontos de redirecionamento, armazenamento e consolidação e o design da rede de modo unificado, além de considerar que a capacidade de operação das facilidades como um fator que deve ser estimado pelo modelo. Também é avaliada a capacidade de utilização dos portos e a influência da utilização no design da rede.

O trabalho está estruturado em 7 capítulos. No Capítulo 2 é apresentado o problema estudado e realizado o levantamento dos dados utilizados, em seguida, é feita uma revisão bibliográfica dos modelos já estudados para o problema. O Capítulo 3 apresenta o modelo base utilizado para o desenvolvimento dos modelos propostos e são fundamentadas as razões pelas quais é necessário realizar mudanças no modelo para que este seja adequado ao problema da soja. No Capítulo 4 são incluídas no modelo as características de dinamicidade, armazenamento, além de limitar a quantidade de soja recebida, manuseada e expedida por um hub/armazém. No Capítulo 5 é incluída no modelo a possibilidade de decidir a capacidade de operação dos hubs/armazéns. No Capítulo 6 o modelo é estendido para avaliar a capacidade de operação dos portos e qual a quantidade de soja cada um pode exportar. Por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e propostas de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 . DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

A eficiência brasileira em alguns setores agropecuários é amplamente reconhecida, principalmente em relação aos seguintes produtos: soja e derivados, açúcar e álcool, suco de laranja, café e carne. Parte dessa eficiência é devido às inúmeras transformações ocorridas no setor agropecuário brasileiro, a partir da mudança de foco nas políticas públicas para o acesso ao crédito rural e aos programas de apoio à agricultura. No Brasil, fatos como mudanças tecnológicas e investimentos em pesquisa são dignos de nota, e eles levaram a altos ganhos de produtividade (OLIVEIRA e SILVEIRA, 2013).

No entanto, esses ganhos de competitividade têm ocorrido nas primeiras fases do processo produtivo, enquanto algumas deficiências ainda existem nas fases restantes, especialmente as deficiências ligadas ao transporte e infraestrutura de armazenamento.

No caso do Brasil, é também importante notar que os custos logísticos são um importante componente dos preços finais dos produtos, por causa da dispersão espacial da produção e do mercado interno e as longas distâncias referentes ao comércio nacional e de exportação.

Em particular nos produtos agropecuários brasileiros, dada a configuração espacial e a dispersão dos mercados consumidores, a logística de transporte é um dos segmentos que mais interfere na sua eficiência e nos ganhos de competitividade. Normalmente, a predominância do transporte rodoviário na matriz de transportes brasileira tem sido apontada como a principal fonte de ineficiência e redução da rentabilidade dos produtores agrícolas (OLIVEIRA e SILVEIRA, 2013).

Nos últimos anos, com os problemas na safra de soja enfrentados pelos EUA e crescente aumento das exportações de soja brasileira, tornou evidente que o país também enfrenta problemas relacionados à capacidade portuária.

2.2 O ESTADO DO MATO GROSSO E OS DADOS UTILIZADOS

Entre os estados brasileiros, o Estado do Mato Grosso destaca-se pelo desenvolvimento

e participação no agronegócio, especialmente, pelo volume produzido e exportado de soja. A soja exportada pelo Estado em 2012 corresponde a aproximadamente 33% da quantidade comercializada pelo país e a 32% da receita gerada pela exportação do grão (MDIC, 2013).

Em contraste à sua grande importância econômica, o Estado, por se localizar no Centro-Oeste brasileiro, demanda um longo processo logístico para transportar a soja até os portos, e o alto custo logístico praticado pelo Brasil diminui sua competitividade internacional. Este custo adicional reduz o capital disponível para investir nas próximas safras, comprometendo assim, o crescimento na produção de grãos.

Destacadas a importância da participação do Estado na exportação de soja e as dificuldades enfrentadas pelo mesmo, o Estado do Mato Grosso é o alvo deste trabalho.

O Estado de Mato Grosso é dividido em macrorregiões e microrregiões para facilitar os levantamentos de dados (IMEA, 2013), adotando a divisão realizada pelo IBGE (2013), que divide o Estado em 22 microrregiões de acordo com critérios de proximidade territorial e por características econômicas e sociais.

A Figura 2-1 apresenta a divisão do Estado em microrregiões e a produção de soja cada uma.

Uma vez definido o foco do trabalho, foi realizado o levantamento e estimativa de dados referente à:

- Estimativa da quantidade disponível de soja e quantidade disponível para exportação em cada microrregião, definindo assim a origem da soja exportada;
- Os principais portos de exportação da soja proveniente do Estado do Mato Grosso;
- Os principais países importadores de soja do Estado do Mato Grosso;
- As rotas que ligam as regiões produtoras aos portos, e seus respectivos custos, incluindo a identificação dos pontos de transbordo existentes em cada rota. Também foram identificadas as rotas marítimas que ligam os portos aos países importadores da soja;
- A capacidade disponível para o armazenamento em cada microrregião, pontos de transbordo e portos.

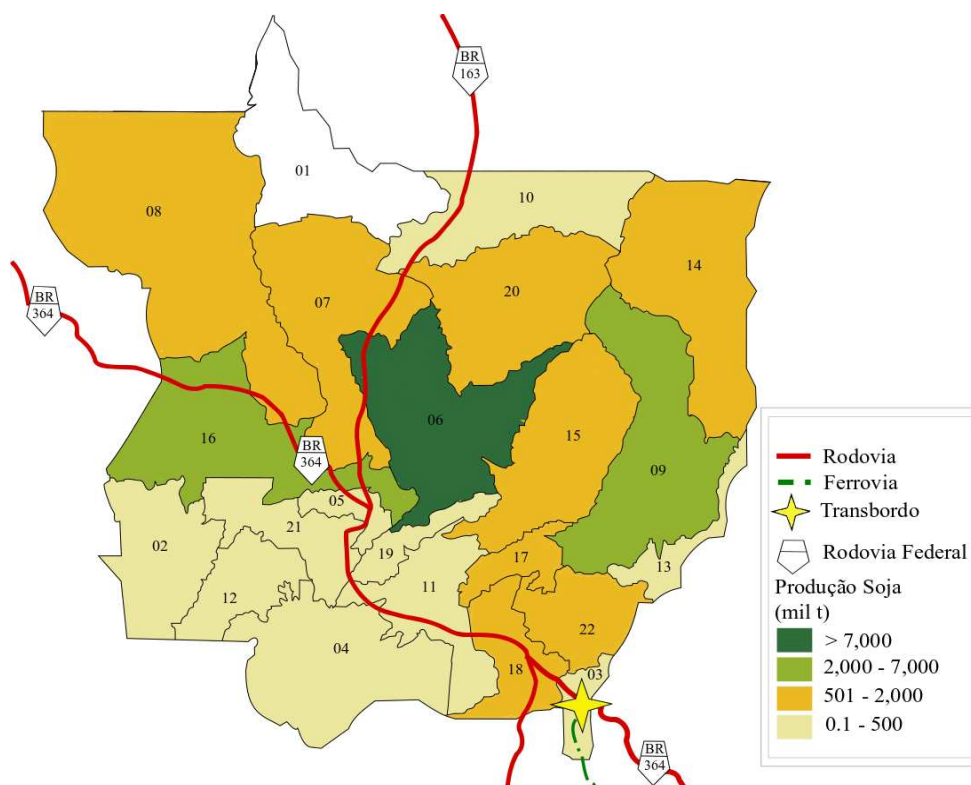


Figura 2-1. A divisão do Estado do Mato Grosso em 22 microrregiões

2.2.1 PRODUÇÃO DE SOJA EM MATO GROSSO NO PERÍODO 2010-2012

Em função da divisão do Estado em microrregiões, foi estimado um quadro de Balanço de Oferta e Demanda para as microrregiões para a safra de soja de 2010, 2011 e 2012. Isto porque as estatísticas oficiais não dispõem destas informações para o nível desagregado de microrregião, como mostra a Tabela 2-1. O objetivo destas estimativas foi dimensionar a quantidade total disponível e disponível para exportação das diferentes microrregiões. Em função da participação relativa de cada microrregião na produção, a estimativa de exportação por microrregião seguiu o mesmo comportamento da participação relativa na produção, ou seja, em 2012, por exemplo, a microrregião de Alto Teles Pires teve uma participação relativa na produção de 35%, considerando-se as exportações de soja do Estado do Mato Grosso neste ano totalizaram 10.763,29 mil toneladas², a exportação estimada de Alto Teles Pires foi de 3.767,56 mil toneladas, o que corresponde também a uma participação de 35% nas exportações. A produção considerada, para este cálculo,

¹Conforme dados oficiais do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2013).

lo, foi de 21.978,34 mil toneladas que desconta a quantidade requerida pelas regiões “demandantes” de soja, ou seja, as microrregiões que têm maior capacidade de processamento não dispõem de soja para exportação, uma vez que consomem toda sua produção. Assim, das 24 milhões de toneladas, que corresponde ao total da produção no ano (ver Tabela 2-1), desconsideraram-se as microrregiões de Alto Araguaia, Cuiabá e Rondonópolis para computar a participação relativa.

Tabela 2-1. Estimativa de Oferta e Demanda de soja em MT (mil toneladas).

Ano	Microrregião	Produção A	Estoque Inicial B	Sementes C	Processamento D	Disponível $E=(A+B)-(C+D)$	Exportação
2012	MI 01-Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 02-Alto Guaporé	68,71	2,38	2,06	0,00	69,03	33,65
	MI 03-Alto Araguaia	467,70	16,21	14,03	716,64	-246,76	0,00
	MI 04-Alto Pantanal	14,21	0,49	0,43	0,00	14,27	6,96
	MI 05-Alto Paraguai	162,64	5,64	4,88	0,00	163,40	79,65
	MI 06-Alto Teles Pires	7.693,24	266,58	230,80	1.743,82	5.985,21	3.767,56
	MI 07-Arinos	1.464,39	50,74	43,93	0,00	1.471,20	717,14
	MI 08-Aripuanã	562,23	19,48	16,87	0,00	564,85	275,34
	MI 09-Canarana	2.459,17	85,21	73,78	0,00	2.470,61	1.204,31
	MI 10-Colider	98,85	3,43	2,97	0,00	99,31	48,41
	MI 11-Cuiabá	120,25	4,17	3,61	1.122,74	-1.001,93	0,00
	MI 12-Jauru	7,53	0,26	0,23	0,00	7,57	3,69
	MI 13-Médio Araguaia	51,38	1,78	1,54	0,00	51,62	25,16
	MI 14-Norte Araguaia	555,12	19,24	16,65	47,78	509,92	271,85
	MI 15-Paranatinga	614,36	21,29	18,43	0,00	617,22	300,87
	MI 16-Parecis	4.067,13	140,93	122,01	0,00	4.086,05	1.991,77
	MI 17-Primavera do Leste	1.521,08	52,71	45,63	716,64	811,52	744,91
	MI 18-Rondonópolis	1.444,72	50,06	43,34	2.747,12	-1.295,68	0,00
	MI 19-Rosário Oeste	16,67	0,58	0,50	0,00	16,75	8,16
	MI 20-Sinop	1.607,51	55,70	48,23	0,00	1.614,99	787,24
	MI 21-Tangará da Serra	209,05	7,24	6,27	0,00	210,02	102,38
	MI 22-Tesouro	805,05	27,90	24,15	0,00	808,80	394,25
	Total	24.011,00	832,02	24.011,00	7.094,74	19.572,33	10.763,29
2011	MI 01-Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 02-Alto Guaporé	59,52	2,21	1,79	0,00	59,95	30,24
	MI 03-Alto Araguaia	405,17	16,95	12,16	739,14	-329,17	0,00
	MI 04-Alto Pantanal	12,31	0,46	0,37	0,00	12,40	6,25
	MI 05-Alto Paraguai	140,90	3,26	4,23	0,00	139,93	71,59
	MI 06-Alto Teles Pires	6.664,60	235,71	199,94	1.798,57	4.901,79	3.386,10
	MI 07-Arinos	1.268,59	35,14	38,06	0,00	1.265,67	644,53
	MI 08-Aripuanã	487,06	16,86	14,61	0,00	489,30	247,46

Tabela 2-1. Continuação

Ano	Microrregião	Produção A	Estoque Inicial B	Sementes C	Processamento D	Disponível E=(A+B)-(C+D)	Exportação
2011	MI 09-Canarana	2.130,36	75,73	63,91	0,00	2.142,18	1.082,38
	MI 10-Colider	85,64	3,57	2,57	0,00	86,64	43,51
	MI 11-Cuiabá	104,17	4,08	3,13	1.157,99	-1.052,87	0,00
	MI 12-Jauru	6,52	0,20	0,20	0,00	6,53	3,31
	MI 13-Médio Araguaia	44,51	1,96	1,34	0,00	45,14	22,61
	MI 14-Norte Araguaia	480,89	14,73	14,43	49,28	431,92	244,33
	MI 15-Paranatinga	532,22	18,12	15,97	0,00	534,37	270,40
	MI 16-Parecis	3.523,33	141,26	105,70	0,00	3.558,89	1.790,11
	MI 17-Primavera do Leste	1.317,70	48,37	39,53	739,14	587,40	669,49
	MI 18-Rondonópolis	1.251,55	49,69	37,55	2.833,37	-1.569,68	0,00
	MI 19-Rosário Oeste	14,44	0,78	0,43	0,00	14,79	7,34
	MI 20-Sinop	1.392,58	49,01	41,78	0,00	1.399,81	707,53
	MI 21-Tangará da Serra	181,10	6,41	5,43	0,00	182,08	92,01
	MI 22-Tesouro	697,41	26,96	20,92	0,00	703,45	354,33
	Total	20.800,54	751,46	624,02	7.317,49	16.562,22	9.673,53
2010	MI 01-Alta Floresta	1,29	0,08	0,04	0,00	1,33	0,66
	MI 02-Alto Guaporé	55,32	2,29	1,66	0,00	55,95	28,13
	MI 03-Alto Araguaia	423,84	15,78	12,72	739,14	-312,23	0,00
	MI 04-Alto Pantanal	11,55	0,55	0,35	0,00	11,76	5,87
	MI 05-Alto Paraguai	81,47	3,37	2,44	0,00	82,40	41,43
	MI 06-Alto Teles Pires	5.892,69	229,98	176,78	1.798,57	4.147,32	2.996,52
	MI 07-Arinos	878,41	32,13	26,35	0,00	884,18	446,68
	MI 08-Aripuanã	421,49	16,99	12,64	0,00	425,83	214,33
	MI 09-Canarana	1.893,17	65,42	56,80	0,00	1.901,79	962,70
	MI 10-Colider	89,33	1,45	2,68	0,00	88,11	45,43
	MI 11-Cuiabá	101,90	4,35	3,06	1.157,99	-1.054,80	0,00
	MI 12-Jauru	5,00	0,21	0,15	0,00	5,06	2,54
	MI 13-Médio Araguaia	49,08	1,91	1,47	0,00	49,52	24,96
	MI 14-Norte Araguaia	368,36	12,47	11,05	49,28	320,50	187,32
	MI 15-Paranatinga	452,89	16,28	13,59	0,00	455,59	230,30
	MI 16-Parecis	3.531,48	143,37	105,94	0,00	3.568,91	1.795,81
	MI 17-Primavera do Leste	1.209,19	44,84	36,28	739,14	478,62	614,89
	MI 18-Rondonópolis	1.242,32	47,52	37,27	2.833,37	-1.580,80	0,00
	MI 19-Rosário Oeste	19,50	0,23	0,59	0,00	19,14	9,92
	MI 20-Sinop	1.225,26	46,92	36,76	0,00	1.235,42	623,06
	MI 21-Tangará da Serra	160,20	6,33	4,81	0,00	161,73	81,47
	MI 22-Tesouro	674,03	26,12	20,22	0,00	679,93	342,75
	Total	18.787,78	718,59	563,63	7.317,49	14.573,08	8.654,78

Fonte: Elaborado a partir de MDIC, 2013.

As microrregiões que realizam processamento da soja demandam soja de outras microrregiões, como é o caso da MI 03 – Alto Araguaia que no ano de 2012, por exemplo, precisou comprar 246,76 mil toneladas de soja, ver coluna Disponível da Tabela 2-1. Ou seja, neste balanço Alto Araguaia é deficitária. Como não é o escopo deste trabalho tratar da soja destinada ao processamento e/ou consumo interno, esta demanda foi desconsiderada. Assim, nas microrregiões deficitárias foram consideradas com quantidade de soja disponível zeradas na contabilização da quantidade total de soja disponível, o que resultou em um total de 19,5 milhões de toneladas.

Identificadas as quantidades anuais, é realizado a discretização da quantidade disponível de soja em cada microrregião por mês. Assim, a discretização foi realizada de acordo com a evolução da quantidade colhida por mês em cada microrregião (IMEA, 2013b). Como a soja é uma cultura sazonal, o período de colheita é compreendido de janeiro a maio, como mostra a Tabela 2-2.

Tabela 2-2. Fracionamento da soja disponível (mil toneladas).

Ano	Microrregião	Soja disponível	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
2012	MI 01-Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 02-Alto Guaporé	69,03	4,14	26,92	37,96	0,00	0,00
	MI 03-Alto Araguaia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 04-Alto Pantanal	14,27	0,64	5,25	8,28	0,11	0,00
	MI 05-Alto Paraguai	163,40	6,54	58,82	96,41	1,63	0,00
	MI 06-Alto Teles Pires	5.985,21	365,76	3.158,86	2.453,93	6,65	0,00
	MI 07-Arinos	1.471,20	39,23	696,37	706,18	29,42	0,00
	MI 08-Aripuanã	564,85	6,00	246,06	295,13	17,65	0,00
	MI 09-Canarana	2.470,61	83,38	824,57	1.275,45	287,21	0,00
	MI 10-Colíder	99,31	2,98	48,66	46,68	0,99	0,00
	MI 11-Cuiabá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 12-Jauru	7,57	0,45	2,95	4,16	0,00	0,00
	MI 13-Médio Araguaia	51,62	2,06	19,44	26,84	3,27	0,00
	MI 14-Norte Araguaia	509,92	10,20	168,27	254,96	76,49	0,00
	MI 15-Paranatinga	617,22	24,69	236,09	324,04	32,40	0,00
	MI 16-Parecis	4.086,05	335,06	1.609,90	2.132,92	8,17	0,00
	MI 17-Primavera do Leste	811,52	73,04	381,41	357,07	0,00	0,00
	MI 18-Rondonópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 19-Rosário Oeste	16,75	0,67	6,03	9,88	0,17	0,00
	MI 20-Sinop	1.614,99	80,75	825,44	692,65	16,15	0,00
	MI 21-Tangará da Serra	210,02	8,82	74,77	123,49	2,94	0,00
	MI 22-Tesouro	808,80	40,44	323,52	428,66	16,18	0,00
	Total	19.572,33	1.084,86	8.713,34	9.274,70	499,44	0,00

Tabela 2-2. Continuação

Ano	Microrregião	Soja disponível	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
2011	MI 01-Alta Floresta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 02-Alto Guaporé	59,95	2,40	9,59	46,76	1,20	0,00
	MI 03-Alto Araguaia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 04-Alto Pantanal	12,40	0,26	2,50	9,39	0,25	0,00
	MI 05-Alto Paraguai	139,93	2,10	30,08	104,95	2,80	0,00
	MI 06-Alto Teles Pires	4.901,79	108,93	1.170,98	3.468,29	153,59	0,00
	MI 07-Arinos	1.265,67	12,23	415,98	775,22	62,23	0,00
	MI 08-Aripuanã	489,30	3,36	186,24	268,51	31,19	0,00
	MI 09-Canarana	2.142,18	52,48	333,11	1.326,81	354,80	74,98
	MI 10-Colíder	86,64	1,73	25,13	57,18	2,60	0,00
	MI 11-Cuiabá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 12-Jauru	6,53	0,26	1,04	5,09	0,13	0,00
	MI 13-Médio Araguaia	45,14	1,02	8,76	31,45	3,16	0,75
	MI 14-Norte Araguaia	431,92	3,46	61,33	263,47	90,70	12,96
	MI 15-Paranatinga	534,37	13,36	104,20	376,73	32,06	8,02
	MI 16-Parecis	3.558,89	160,15	622,80	2.566,67	209,26	0,00
	MI 17-Primavera do Leste	587,40	22,03	127,76	384,75	49,93	2,94
	MI 18-Rondonópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 19-Rosário Oeste	14,79	0,22	3,18	11,09	0,30	0,00
	MI 20-Sinop	1.399,81	27,22	381,84	945,65	45,10	0,00
	MI 21-Tangará da Serra	182,08	2,91	36,78	136,92	5,46	0,00
	MI 22-Tesouro	703,45	21,10	154,76	520,55	0,00	7,03
	Total	16.562,22	435,24	3.676,07	11.299,48	1.044,76	106,67
2010	MI 01-Alta Floresta	1,33	0,16	0,55	0,63	0,00	0,00
	MI 02-Alto Guaporé	55,95	7,27	17,90	30,21	0,56	0,00
	MI 03-Alto Araguaia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 04-Alto Pantanal	11,76	1,35	4,38	5,91	0,12	0,00
	MI 05-Alto Paraguai	82,40	9,06	32,13	40,37	0,82	0,00
	MI 06-Alto Teles Pires	4.147,32	437,77	2.046,01	1.635,89	27,65	0,00
	MI 07-Arinos	884,18	75,16	300,62	505,46	2,95	0,00
	MI 08-Aripuanã	425,83	35,13	125,09	265,61	0,00	0,00
	MI 09-Canarana	1.901,79	66,56	406,51	1.345,52	54,68	28,53
	MI 10-Colíder	88,11	10,57	36,12	41,41	0,00	0,00
	MI 11-Cuiabá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MI 12-Jauru	5,06	0,66	1,62	2,73	0,05	0,00
	MI 13-Médio Araguaia	49,52	2,97	14,36	31,03	0,83	0,33
	MI 14-Norte Araguaia	320,50	6,41	41,67	256,40	9,62	6,41
	MI 15-Paranatinga	455,59	29,61	141,23	272,22	11,39	1,14
	MI 16-Parecis	3.568,91	463,96	1.120,64	1.948,62	35,69	0,00
	MI 17-Primavera do Leste	478,62	47,86	222,56	203,41	4,79	0,00
	MI 18-Rondonópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 2-2. Continuação

Ano	Microrregião	Soja disponível	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
2010	MI 19-Rosário Oeste	19,14	2,11	7,47	9,38	0,19	0,00
	MI 20-Sinop	1.235,42	126,29	539,47	561,43	8,24	0,00
	MI 21-Tangará da Serra	161,73	17,47	58,55	84,10	1,62	0,00
	MI 22-Tesouro	679,93	54,39	251,58	367,16	6,80	0,00
	Total	14.573,08	1.394,77	5.368,44	7.607,49	165,97	36,41

Fonte: Elaborado a partir de IMEA, 2013.

2.2.2 OS PORTOS DE EXPORTAÇÃO DA SOJA MATO-GROSSENSE

Para definir os portos considerados neste trabalho foi realizado um levantamento da quantidade de soja movimentada pelos portos brasileiros entre 2008-2012 (MDIC, 2013), e assim, selecionou-se os que foram significativos para a exportação da soja do Estado do MT. Os portos que ocasionalmente são utilizados para a exportação foram descartados e seus fluxos contabilizados aos portos mais próximos. Logo, os portos selecionados são: Manaus (AM), Santarém (PA), São Luís (MA), Vitória (ES), Santos (SP), Porto de Paranaguá (PR) e São Francisco do Sul (SC).

Os dados referentes à quantidade de soja do MT destinada aos portos foram retirados da base de dados MDIC (2013) e os valores são apresentados na Tabela 2-3.

Tabela 2-3. Quantidade de soja exportada por porto (mil toneladas)

Ano	Mês	Manaus (AM)	Santarém (PA)	São Luís (MA)	Vitória (ES)	Santos (SP)	Paranaguá (PR)	São Fco do Sul (SC)
2012	Janeiro	66,50	0,00	0,00	7,64	290,46	25,41	0,00
	Fevereiro	145,39	81,13	0,00	29,77	382,18	33,98	3,55
	Março	204,61	89,02	68,47	102,62	1.445,00	262,90	87,11
	Abril	122,48	83,94	35,51	153,78	622,49	233,64	96,14
	Maio	130,17	90,70	31,68	124,92	1.901,09	230,91	97,48
	Junho	181,20	48,38	38,89	167,32	912,04	126,54	44,60
	Julho	95,70	85,19	32,17	91,04	541,56	122,34	40,15
	Agosto	31,50	24,05	9,65	63,74	148,59	35,61	28,96
	Setembro	64,21	25,70	10,36	16,76	59,96	36,91	0,00
	Outubro	1,25	0,00	33,86	25,39	8,05	18,95	52,84
	Novembro	82,30	0,00	21,79	0,00	22,46	45,10	0,00
	Dezembro	0,00	0,00	0,00	0,00	10,51	77,00	0,00
	Total	1.125,31	528,11	282,37	782,97	6.344,39	1.249,30	450,84

Tabela 2-3. Continuação

Ano	Mês	Manaus (AM)	Santarém (PA)	São Luís (MA)	Vitória (ES)	Santos (SP)	Paranaguá (PR)	São Fco do Sul (SC)
2011	Janeiro	44,94	28,16	0,00	0,00	0,00	29,38	0,00
	Fevereiro	0,00	25,47	0,00	0,00	88,79	6,90	0,00
	Março	111,49	113,30	0,00	61,23	808,70	155,92	23,04
	Abril	118,38	45,57	50,82	151,76	1.176,96	151,07	39,74
	Maio	156,07	45,31	17,17	111,58	892,22	105,54	7,32
	Junho	120,33	55,00	6,50	104,28	759,98	113,78	58,50
	Julho	131,58	60,93	17,17	124,57	698,84	52,29	2,34
	Agosto	146,90	56,13	17,46	134,88	188,29	68,39	21,49
	Setembro	72,45	0,00	8,09	48,86	140,03	46,51	33,28
	Outubro	27,54	27,52	35,58	19,43	222,04	47,26	43,85
	Novembro	55,40	0,00	45,21	72,35	510,70	57,06	0,00
	Dezembro	0,56	56,07	0,00	30,47	561,86	5,02	0,00
Total		985,63	513,46	197,99	859,40	6.048,39	839,11	229,56
2010	Janeiro	69,91	0,00	0,00	0,00	15,93	0,31	0,00
	Fevereiro	77,37	76,63	0,00	33,04	295,86	53,28	0,10
	Março	110,35	92,16	0,00	166,78	1.023,30	162,26	63,11
	Abril	223,57	45,08	9,09	162,26	984,61	174,15	35,87
	Maio	140,23	79,26	6,57	135,04	1.196,12	26,68	41,93
	Junho	124,50	46,82	29,50	127,75	680,78	45,52	63,97
	Julho	176,09	53,20	24,12	60,95	606,07	32,44	49,52
	Agosto	93,06	43,07	16,33	92,86	123,60	32,75	8,19
	Setembro	50,81	46,52	0,16	51,69	165,25	4,68	51,92
	Outubro	21,76	21,59	14,98	26,32	10,91	20,18	0,00
	Novembro	15,16	0,00	0,00	10,90	0,00	20,97	0,00
	Dezembro	49,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,06	0,00
Total		1.151,81	504,32	100,76	867,58	5.102,43	613,26	314,60

Fonte: MDIC (2013).

2.2.3 OS PAÍSES IMPORTADORES DA SOJA MATO-GROSSENSE

A definição dos países importadores seguiu o mesmo critério da definição dos portos.

De acordo com os dados (USDA, 2013), referentes aos países importadores de soja proveniente do Estado do Mato Grosso, foram selecionados os 4 maiores importadores. Estes países são: China, Espanha, Países Baixos (Holanda) e Tailândia. Além destes países, o Brasil exporta para muitos outros em quantidade bem menores, mas para trabalhar com menos variáveis, optou-se neste trabalho a considerar as exportações só para estes grandes importadores. Porém, optou-se também em manter o total exportado de soja pelo Brasil a cada ano, para melhor avaliar o pro-

blema de exportação. Como o total exportado inclui o volume enviado a todos os países, surge então um desequilíbrio entre o total exportado pelo Brasil e as demandas dos quatro maiores importadores. Para trabalhar com um sistema equilibrado, optou-se por incluir a Alemanha no exemplo tratado com a sua demanda alterada e igual ao total exportado para os demais países importadores. Por isso, na Tabela 2-4 a Alemanha torna-se o segundo maior importador de soja do Brasil.

Tabela 2-4. Países importadores de soja e quantidades importadas (mil toneladas)

Ano	Mês	China	Espanha	Países Baixos (Holanda)	Tailândia	Alemanha	Total anual
2012	Janeiro	263,46	42,04	16,46	0,00	68,05	10.763,23
	Fevereiro	220,56	171,83	47,35	32,51	203,76	
	Março	1.409,11	297,79	109,85	150,44	292,54	
	Abril	1.012,89	33,93	87,16	13,25	200,75	
	Maiο	2.129,14	63,11	21,15	52,37	341,18	
	Junho	1.021,42	192,05	58,88	53,70	192,92	
	Julho	543,60	45,29	62,92	61,70	294,65	
	Agosto	272,14	8,52	0,00	0,00	61,37	
	Setembro	104,92	1,67	4,22	0,00	103,10	
	Outubro	70,95	6,76	0,00	25,95	36,68	
	Novembro	26,29	46,35	21,00	0,00	78,01	
	Dezembro	13,15	0,00	74,37	0,00	0,00	
	Total	7.087,62	909,34	503,34	389,92	1.873,01	
2011	Janeiro	0,00	0,00	22,46	0,00	80,02	9.673,54
	Fevereiro	19,64	30,00	0,00	39,86	31,67	
	Março	745,65	117,74	193,96	72,04	144,30	
	Abril	1.350,93	27,27	39,73	0,61	315,77	
	Maiο	789,25	157,47	62,53	89,61	236,36	
	Junho	851,53	134,34	36,05	45,73	150,73	
	Julho	819,91	25,09	34,88	0,00	207,84	
	Agosto	280,40	1,37	63,72	93,24	194,80	
	Setembro	235,82	24,04	4,25	28,84	56,26	
	Outubro	208,98	17,60	29,01	70,39	97,24	
	Novembro	527,62	96,57	29,80	16,19	70,54	
	Dezembro	412,04	116,58	0,97	66,01	58,39	
	Total	6.241,75	748,05	517,33	522,52	1.643,90	
2010	Janeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	86,15	8.654,77
	Fevereiro	216,20	64,31	79,34	1,90	174,54	
	Março	1.099,11	221,66	122,49	53,46	121,23	
	Abril	1.177,09	56,28	92,41	84,26	224,58	
	Maiο	1.195,79	38,99	81,79	36,53	272,73	
	Junho	705,50	68,74	31,54	48,79	264,27	
	Julho	556,40	132,94	52,71	55,39	204,95	
	Agosto	200,88	4,70	41,04	11,28	151,96	

Tabela 2-4. Continuação

Ano	Mês	China	Espanha	Países Baixos (Holanda)	Tailândia	Alemanha	Total anual
2010	Setembro	262,87	20,57	24,57	0,00	63,01	
	Outubro	7,98	0,02	22,15	23,86	61,73	
	Novembro	0,00	0,00	16,16	10,90	19,97	
	Dezembro	0,00	5,16	14,70	0,00	69,20	
	Total	5.421,83	613,36	578,89	326,36	1.714,32	

Fonte: MDIC, (2013).

2.2.4 AS ROTAS TERRESTRES E MARITÍMAS

Além das 22 microrregiões que compõem o Estado do Mato Grosso e dos portos de exportação, pontos de intermodalidade também são considerados e representados como nós da rede e, são eles: Porto Velho (RO), São Simão (GO) /Anhembi (SP), Araguari (MG), Maringá (PR) e Porto Nacional (TO). Convém ressaltar que o ponto de intermodalidade (ou transbordo) de Porto Nacional (TO) é uma rota que está em construção e representa um cenário futuro. Uma vez destacadas as localidades onde é possível a troca de modais é necessário citar a microrregião MI 03, Alto Araguaia (MT), onde está localizado um terminal ferroviário. Os pontos onde há mudança de modal utilizado serão chamados de pontos de transbordo.

As rotas consideradas englobam as rotas unimodais e multimodais utilizadas para o transporte da soja do Estado do Mato Grosso até os portos exportadores.

A Figura 2-2 apresenta as rotas consideradas, localiza os pontos de transbordo e identifica as mudanças de modais e os portos de exportação.

O Estado do MT tem duas rodovias principais, a BR 163, que atravessa o Estado de Norte a Sul e dá acesso ao Porto de Paranaguá, e a BR 364, que atravessa o Estado de Leste-Oeste e dá acesso ao Porto de Santos (ao Leste) e a Rondônia (ao Oeste), como representadas na Figura 2-2. Além destas rodovias, há duas de menor extensão dentro do Estado, mas de comparável importância para o transporte da soja, que são a BR 174, que tem início na cidade de Cáceres na MI 04 – Alto Pantanal e dá acesso a Rondônia, e BR 070, a rodovia atravessa o Estado de Leste a Oeste contando as microrregiões MI 13 – Médio Araguaia, MI 11 – Cuiabá até MI 04 – Alto Pantanal (OJIMA, 2004).

As rotas utilizadas para chegar ao Porto de Manaus (AM) e Porto Santarém (PA) utilizam o ponto de transbordo de Porto Velho (RO) aonde a soja chega por rodovia e segue para os portos por transporte fluvial através do Rio Madeira.

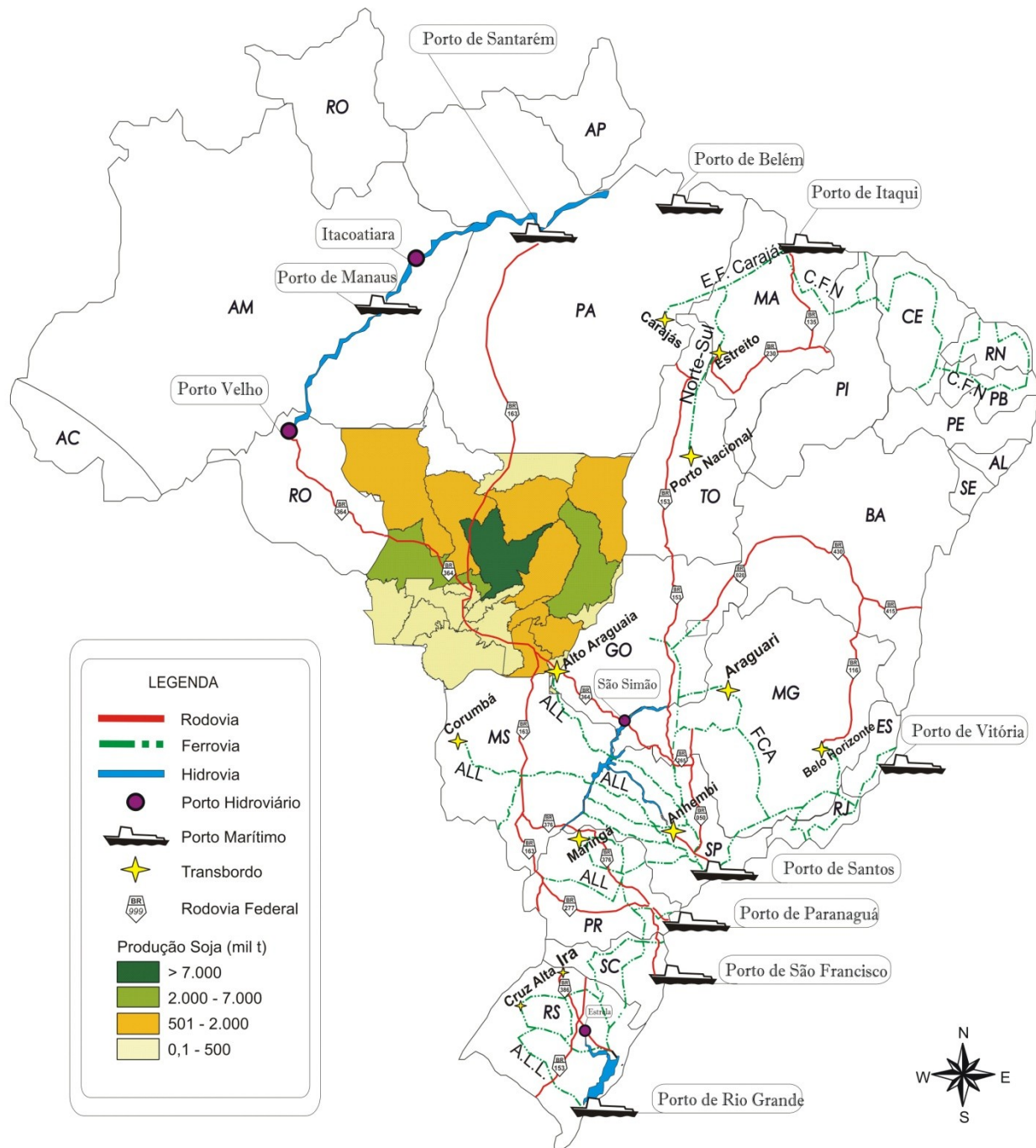


Figura 2-2. Representação das rotas de exportação

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Ojima (2006).

Para chegar aos portos do Sul e Sudeste, Porto de Vitória, Porto de Santos, Porto de Paranaguá e São Francisco do Sul, há mais de uma opção de rota. As rotas podem ser unimodais ou podem ser uma composição entre rodovia, hidrovia, e ferrovia. Por exemplo, para chegar ao Porto de Santos há três opções de rotas: (1) a soja segue por rodovia; (2) a soja segue até o ponto de transbordo de São Simão (GO), de onde a soja segue pela hidrovia Tietê-Paraná até Anhembi (SP), de onde segue de rodovia até o Porto de Santos (SP); ou, (3) a soja segue por ferrovia de Alto Araguaia (MT) até o Porto de Santos. Para chegar ao Porto de Paranaguá há duas opções de rotas: (1) por rodovia; e (2) a soja segue por rodovia até o ponto de transbordo de Maringá (PR), de onde segue por ferrovia até o Porto de Paranaguá. Para chegar ao Porto de São Francisco do Sul (SC), a soja segue até Paranaguá e depois segue por rodovia. Para chegar ao Porto de Vitória (ES) a soja tem que ir até Araguari (MG), onde segue por ferrovia até o porto, assim como é o caso do Porto de São Luís (MA), a soja segue de rodovia até o ponto de transbordo de Porto Nacional (TO) e segue para o porto por ferrovia.

Com base nas rotas foram pesquisadas as distâncias rodoviárias percorridas e os fretes rodoviários foram estipulados de acordo com a base de dados do SIFRECA, (2012). Já as distâncias percorridas pela soja nos modais hidroviários e ferroviários, assim como os fretes praticados, as tarifas cobradas nos pontos de transbordo e as tarifas portuárias foram estipulados com base em pesquisas com empresas que atuam neste segmento, e o custo final utilizado é referente ao custo médio praticado. O Anexo A apresenta mais informações sobre os custos e distâncias terrestre utilizadas.

Já as rotas marítimas utilizadas foram definidas de acordo com os dados sobre as rotas mundiais de exportação da soja brasileira apresentada pela USDA (2013). De modo particular, as rotas marítimas possuem restrições que vão além da compreensão deste trabalho, portanto, foram consideradas apenas as rotas marítimas já praticadas.

Entre as rotas possíveis, a China possui três rotas marítimas, pelo Cabo da Boa Esperança, pelo Canal do Panamá e pelo Cabo de Horn. Mas, a rota financeiramente mais vantajosa, é a saída da soja pelos portos do sul-sudeste passando pelo Cabo da Boa Esperança. Desde modo, para garantir a competitividade dos demais portos, a rota marítima da soja que sai pelos portos do norte-nordeste é pelo Canal do Panamá.

Os custos das rotas marítimas foram definidos de acordo com as distâncias marítimas³, e são apresentados na Tabela 2-5.

Tabela 2-5. Distâncias e custos de frete marítimos

Ano	Países de destino		Portos de saída				
			Santarém / Manaus	São Luís	Vitória	Santos	Paranaguá/ São Fco do Sul
2012	Alemanha (Hamburg)	Dias oceano (US\$/ton)	16,90	14,00	16,80	18,20	18,60
	China (Shangai)	Dias oceano (US\$/ton)	29,31	24,43	29,31	31,75	33,80
	China (Shangai)	Dias oceano (US\$/ton)	37,20	35,50	34,80	35,40	35,60
	Espanha (Barcelona)	Dias oceano (US\$/ton)	64,52	61,95	60,71	49,70	55,20
	Espanha (Barcelona)	Dias oceano (US\$/ton)	15,00	11,80	14,20	15,70	16,10
	Países Baixos (Holanda-Rotterdam)	Dias oceano (US\$/ton)	26,01	20,59	24,77	31,75	33,80
	Países Baixos (Holanda-Rotterdam)	Dias oceano (US\$/ton)	16,10	13,20	15,90	17,40	17,80
2011	Tailândia (Bangkok)	Dias oceano (US\$/ton)	27,92	23,03	27,74	31,75	33,80
	Tailândia (Bangkok)	Dias oceano (US\$/ton)	37,20	33,40	30,70	31,30	31,50
	Tailândia (Bangkok)	Dias oceano (US\$/ton)	64,52	58,28	53,56	54,60	57,24
	Alemanha (Hamburg)	Dias oceano (US\$/ton)	16,90	14,00	16,80	18,20	18,60
	Alemanha (Hamburg)	Dias oceano (US\$/ton)	32,18	26,65	31,98	34,65	34,95
	China (Shangai)	Dias oceano (US\$/ton)	37,20	35,50	34,80	35,40	35,60
	China (Shangai)	Dias oceano (US\$/ton)	57,67	55,04	53,95	59,50	57,32
2010	Espanha (Barcelona)	Dias oceano (US\$/ton)	15,00	11,80	14,20	15,70	16,10
	Espanha (Barcelona)	Dias oceano (US\$/ton)	28,56	22,47	27,03	29,89	30,25
	Países Baixos (Holanda-Rotterdam)	Dias oceano (US\$/ton)	16,10	13,20	15,90	17,40	17,80
	Países Baixos (Holanda-Rotterdam)	Dias oceano (US\$/ton)	30,65	25,13	30,27	33,13	33,45
	Tailândia (Bangkok)	Dias oceano (US\$/ton)	37,20	33,40	30,70	31,30	31,50
	Tailândia (Bangkok)	Dias oceano (US\$/ton)	57,67	51,78	47,59	48,52	47,08
	Tailândia (Bangkok)	Dias oceano (US\$/ton)	57,67	51,78	47,59	48,52	47,08
2010	Alemanha (Hamburg)	Dias oceano (US\$/ton)	16,90	14,00	16,80	18,20	18,60
	Alemanha (Hamburg)	Dias oceano (US\$/ton)	31,23	25,87	31,04	33,63	35,80
	China (Shangai)	Dias oceano (US\$/ton)	37,20	35,50	34,80	35,40	35,60
	China (Shangai)	Dias oceano (US\$/ton)	54,12	51,65	50,63	59,50	57,32
	Espanha (Barcelona)	Dias oceano (US\$/ton)	15,00	11,80	14,20	15,70	16,10
	Espanha (Barcelona)	Dias oceano (US\$/ton)	27,72	21,80	26,24	29,01	30,99
	Países Baixos (Holanda-Rotterdam)	Dias oceano (US\$/ton)	16,10	13,20	15,90	17,40	17,80
2010	Países Baixos (Holanda-Rotterdam)	Dias oceano (US\$/ton)	29,75	24,39	29,38	32,15	34,26
	Tailândia (Bangkok)	Dias oceano (US\$/ton)	37,20	33,40	30,70	31,30	31,50
	Tailândia (Bangkok)	Dias oceano (US\$/ton)	54,12	48,59	44,67	45,54	48,40

Fonte: Elaborado a partir de USDA (2013)

³ As informações sobre as distâncias das rotas marítimas entre os portos e os países importadores e dos custos estão disponíveis no relatório logístico do USDA (2013), onde as distâncias são medidas em dias. As distâncias que não estão disponíveis no relatório foram obtidas no site sea-distances.org, seguindo as mesmas especificações do relatório, os custos não disponíveis foram estimados considerando a proximidade dos portos e o número de dias necessários para chegar ao destino.

2.2.5 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO GRANELEIRA

Todos os nós da rede, microrregiões, pontos de transbordo e portos, são considerados como um local para instalação de facilidades de armazenamento/consolidação/redirecionamento e a capacidade graneleira de cada localização, quantidade de carga que pode ser recebida e manuseada por uma facilidade, foi determinada por pesquisa de capacidade atual instalada.

A capacidade instalada nas microrregiões foi definida de acordo com o relatório de capacidade estática da CONAB (2013a); já para os pontos de transbordo foi definida uma capacidade próxima ao ponto de transbordo de Alto Araguaia (MI 03), que é um ponto de transbordo ferroviário.

Para definir a capacidade instalada nos portos, foi utilizada a capacidade dos armazéns graneleiros dos principais portos para exportação de grãos agrícolas, segundo a Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ, 2013). Considerando que os armazéns graneleiros dos portos estão disponíveis para atender diferentes regiões e diferentes tipos de grãos agrícolas, foi estimada a capacidade disponível para atender a soja mato-grossense. Esta estimativa de capacidade foi baseada no fato do Estado do Mato Grosso exportar 33% da soja brasileira (MDIC, 2013), assim foi considerado que 33% da capacidade de armazenamento de grãos agrícolas dos portos é destinada a receber a soja proveniente do Estado.

A capacidade de armazenamento atual disponível em cada localidade foi denominada como Nível 1. Além da capacidade Nível 1 foram definidas mais duas possíveis ampliações com a capacidade Nível 2 e a capacidade Nível 3 que são o dobro e triplo da capacidade Nível 1, respectivamente.

As capacidades adicionais têm a função de analisar possíveis expansões nestas localidades. Suponha que numa determinada localidade seja aberta uma facilidade de capacidade Nível 1, isto significa que a capacidade atual desta localidade é adequada, mas se for aberta uma capacidade de Nível superior a 1 ou uma combinação de diferentes níveis de capacidade, significa que a localidade é um ponto com potencial para expansão. O custo fixo para instalação das facilidades foi calculado com base no preço de US\$45,00/tonelada instalada (FERRARI, 2006).

A Tabela 2-6 apresenta a capacidade disponível para ser instalada em cada localidade segundo os diferentes níveis, Nível 1, Nível 2 e Nível 3, e seus respectivos custos de instalação (C_{Abertura}).

Tabela 2-6. Capacidade e custo de instalação das facilidades para cada nó da rede.

Microrregião	Nível 1		Nível 2		Nível 3	
	Capacidade (mil t)	CAbertura (mil US\$)	Capacidade (mil t)	CAbertura (mil US\$)	Capacidade (mil t)	CAbertura (mil US\$)
MI 01-Alta Floresta	54,18	2.438,10	108,36	4.876,20	162,54	7.314,30
MI 02-Alto Guaporé	65,12	2.930,18	130,23	5.860,35	195,35	8.790,53
MI 03-Alto Araguaia	1.033,70	46.516,50	2.067,40	93.033,00	3.101,10	139.549,50
MI 04-Alto Pantanal	28,05	1.262,43	56,11	2.524,86	84,16	3.787,29
MI 05-Alto Paraguai	33,17	1.492,65	66,34	2.985,30	99,51	4.477,95
MI 06-Alto Teles Pires	8.818,88	396.849,56	17.637,76	793.699,11	26.456,64	1.190.548,67
MI 07-Arinos	776,95	34.962,62	1.553,89	69.925,23	2.330,84	104.887,85
MI 08-Aripuanã	469,16	21.112,29	938,32	42.224,58	1.407,49	63.336,87
MI 09-Canarana	1.701,72	76.577,22	3.403,43	153.154,44	5.105,15	229.731,66
MI 10-Colíder	246,68	11.100,42	493,35	22.200,84	740,03	33.301,26
MI 11-Cuiabá	618,23	27.820,17	1.236,45	55.640,34	1.854,68	83.460,51
MI 12-Jauru	23,71	1.067,00	47,42	2.133,99	71,13	3.200,99
MI 13-Médio Araguaia	98,14	4.416,48	196,29	8.832,96	294,43	13.249,44
MI 14-Norte Araguaia	296,83	13.357,40	593,66	26.714,79	890,49	40.072,19
MI 15-Paranatinga	440,20	19.809,09	880,40	39.618,18	1.320,61	59.427,27
MI 16-Parecis	5.265,52	236.948,36	10.531,04	473.896,71	15.796,56	710.845,07
MI 17-Primavera do Leste	3.152,19	141.848,33	6.304,37	283.696,65	9.456,56	425.544,98
MI 18-Rondonópolis	2.311,35	104.010,66	4.622,70	208.021,32	6.934,04	312.031,98
MI 19-Rosário Oeste	27,24	1.225,85	54,48	2.451,69	81,72	3.677,54
MI 20-Sinop	2.248,45	101.180,39	4.496,91	202.360,77	6.745,36	303.541,16
MI 21-Tangará da Serra	388,16	17.467,07	776,31	34.934,13	1.164,47	52.401,20
MI 22-Tesouro	383,86	17.273,57	767,71	34.547,13	1.151,57	51.820,70
TR 23-São Simão (GO)/ Anhembi (SP)	1.000,00	45.000,00	2.000,00	90.000,00	3.000,00	135.000,00
TR 24-Araguari (MG)	1.000,00	45.000,00	2.000,00	90.000,00	3.000,00	135.000,00
TR 25-Maringá (PR)	1.000,00	45.000,00	2.000,00	90.000,00	3.000,00	135.000,00
TR 26-Porto Velho (RO)	1.000,00	45.000,00	2.000,00	90.000,00	3.000,00	135.000,00
TR 27-Porto Nacional (TO)	1.000,00	45.000,00	2.000,00	90.000,00	3.000,00	135.000,00
PO 28-Manaus (AM)	1,16	51,98	2,31	103,95	3,47	155,93
PO 29-Santarém (PA)	1,16	51,98	2,31	103,95	3,47	155,93
PO 30-São Luís (MA)	217,80	9.801,00	435,60	19.602,00	653,40	29.403,00
PO 31-Vitória (ES)	33,00	1.485,00	66,00	2.970,00	99,00	4.455,00
PO 32- Santos (SP)	132,00	5.940,00	264,00	11.880,00	396,00	17.820,00
PO 33- Porto de Paranaguá (PA)	284,79	12.815,55	569,58	25.631,10	854,37	38.446,65
PO 34-São Francisco do Sul (SC)	37,95	1.707,75	75,90	3.415,50	113,85	5.123,25

Fonte: CONAB (2013a).

Também foi realizada uma estimativa sobre os custos mensais das tarifas operacionais de armazenagem (MORCELI, 2012), e para compor este custo foram considerados o custo de recepção R\$ 1,31, o custo de limpeza R\$ 1,77, o custo de secagem R\$ 7,27 e o custo de expedição R\$

1,61, totalizando R\$ 11,96. Considerando que os preços dos fretes e do estabelecimento das facilidades está em dólares, o custo mensal da tarifa de armazenamento também é considerado em dólares e para isso o valor do dólar considerado é R\$ 2,00.

2.3 TRABALHOS CORRELATOS

O planejamento em transporte tem mostrado seu potencial como uma estratégia de competição para muitos setores da economia. No entanto, a logística de transporte é atualmente um desafio para o desenvolvimento das operações de empresas brasileiras, seja no mercado interno, seja no mercado externo. Tais desafios, representadas pelas condições precárias das rodovias, pela baixa eficiência e da falta de capacidade de ferrovias e pela desorganização e excesso de burocracia dos portos, resultou em um aumento no tráfego de caminhões nos principais portos de exportação, o longo período de espera dos navios para atracar e o não cumprimento dos prazos de entrega no mercado internacional. Ao todo, o resultado é o aumento nos custos e uma competitividade reduzida em relação aos produtos brasileiros no exterior (OLIVEIRA e SILVEIRA, 2013).

Devido à sua maior inserção no mercado internacional, o agronegócio brasileiro continua sendo um dos segmentos econômicos em que as estratégias de transporte têm impactado de forma significativa em seu nível de competitividade.

Além da necessidade do planejamento de transporte, a cadeia de exportação da soja também é influenciada pela sazonalidade da produção, e depende dos pontos de armazenamento para atender a demanda durante todo o ano e para negociar a soja nos períodos mais vantajosos.

De acordo com a literatura, alguns trabalhos se destacam no estudo ligado à infraestrutura logística da cadeia de exportação da soja brasileira: Ferrari (2006) que busca organizar o arranjo espacial das unidades armazenadoras de soja no Estado do Mato Grosso e o dimensionamento destes armazéns com o objetivo de minimizar os custos de transporte, de armazenamento e de distribuição até os principais portos. A autora realiza uma análise de cenários considerando: variações na demanda, no custo de estabelecimento de armazéns e na oferta de soja. Oliveira (2007) apresenta uma formulação linear e estima os fluxos nas principais alternativas de rotas de exportação da soja do Estado do Mato Grosso que implicam em menor custo de escoamento. As estimativas são realizadas através da aplicação de um modelo matemático associado à matriz origem-

destino. Uma análise de cenário também é realizada para verificar a importância do transporte intermodal no escoamento da soja para exportação. Pinheiro e Caixeta-Filho (2010) propõem um modelo linear para avaliar o custo de transporte rodoviário de levar a soja das microrregiões mato-grossense para o Porto de Paranaguá (PR) e de Itaquí (MA) como alternativa para o despacho de carga pelo Porto de Santos. O modelo está sujeito à quantidade exportada e a quantidade produzida por cada microrregião. Dubke e Pizzolato (2011) tratam o problema de escoamento de soja desenvolvendo um modelo de localização capacitado para terminais especializados usando o modelo tradicional de transporte combinado com multi-commodity e fluxo de redes para multifacilidades. Amaral, Almeida e Morabito (2012) ressaltam a importância de rotas intermodais nos casos de produtos agrícolas destinados à exportação. Assim, os autores propõem um modelo de fluxos e localização de terminais intermodais utilizando os principais corredores usados para exportação da soja. O modelo utilizado é o modelo de localização de facilidades p-mediana, já os custos de transporte são admitidos lineares e, portanto, não é considerada economia de escala. Peixoto e Pinto (2012) apresentam três modelos de rede de fluxo da soja entre as áreas produtoras e as processadoras. O primeiro modelo considera que o grão é transportado entre os pontos de origem e destino, no segundo modelo é possível o transporte direto e a passagem do grão por pelo menos dois pontos de transbordo e no terceiro por pelo menos um ponto de transbordo.

A revisão da literatura específica para o problema da cadeia de exportação de soja mostra que a maior parte dos trabalhos está relacionada aos problemas clássicos de localização de facilidades ou decisões de design de redes, ou seja, estão concentrados principalmente em rede de fluxos (*flow network*), roteirização de veículos (*vehicle routing*) e na localização de facilidades (*facilities location*). Estas perspectivas são utilizadas de modo exclusivo e não abrangem e modelam as características da cadeia de exportação de soja conjuntamente: rede de transporte e localização de facilidades, que incluem o armazenamento e consolidação/redirecionamento do fluxo.

No entanto, existem modelos na literatura mais completos que estão preocupados em oferecer uma visão unificada de instalações de facilidades e design de rede, como é o caso dos modelos de localização de hubs (CONTRERAS e FERNÁNDEZ, 2012).

Hubs são facilidades que servem como pontos de redirecionamento/consolidação de fluxo em sistemas de distribuição. Ao invés de servir cada par origem-destino diretamente, hubs são usados para redirecionar/consolidar fluxos entre origem e destino, que resulta em uma redução do número de ligações na rede e permite economia de escala pela consolidação de fluxo entre dois

hubs. Assim, o problema de localização de hubs aborda simultaneamente a localização dos hubs e designação de nós de demanda a hubs.

As vantagens da utilização do problema de localização de hubs para o transporte em larga escala são: reduzir os custos de transportes através da economia de escala, aumentar a frequência de serviço e reduzir a incerteza na demanda (LIUM *et al.*, 2009).

O desenvolvimento da pesquisa de localização de hubs com enfoque matemático foi iniciado por O' Kelly (1986, 1987). O primeiro trata de dois hubs que podem ser localizados em qualquer lugar de um plano, isto é, um problema de localização contínuo, e o segundo para p -hubs com um número finito de pontos candidatos à localização de hubs, um problema de localização discreto.

Campbell (1994) apresenta diversas formulações matemáticas para problemas de localização discreta de hubs, classificando-os de acordo com a função objetivo: p -hub mediana, em que se minimiza o custo total de transporte, hub com custo fixo, que minimiza o custo total de transporte mais o custo fixo de abrir os hubs, p -hub centro, que minimiza o máximo tempo ou custo de transporte e o problema de cobertura por hubs, que minimiza o número de hubs abertos de forma que o tempo ou custo de transporte de fluxo entre qualquer origem e qualquer destino situa-se dentro de um limite. Neste trabalho são apresentadas as primeiras formulações lineares para os problemas de p -hub mediana e hubs com custo fixo, e introduzidos os problemas p -hub centro e de cobertura por hubs.

Existem dois tipos de redes de hubs, chamadas de alocação única e alocação múltipla, que diferem na forma de alocação de nós de demanda a hubs. Na rede de hubs com alocação única todo tráfego de entrada e saída de um nó de demanda é roteado por um único hub, enquanto na rede de hubs com alocação múltipla, o tráfego de entrada e saída de um nó de demanda pode ser roteado por um ou mais hubs. Além disso, restrições adicionais podem ser consideradas: hubs e/ou arcos da rede podem ter uma capacidade finita ou infinita de fluxo que é recebido, transferido e distribuído, além disso, o problema pode ser considerado estático ou dinâmico, etc.

Diversos problemas de localização de hubs têm sido considerados na literatura. Uma revisão dos trabalhos desenvolvidos pode ser encontrada em Alumur e Kara (2008), Campbell e O'Kelly (2012) e Farahani *et al.*, (2013).

Particularmente, os problemas de localização de hubs diferem de problemas de localização com design de rede por (1) associar a demanda com um par origem-destino, (2) localizar as

facilidades nomeadas hubs, (3) rotear os fluxos através dos hubs, (4) ter um benefício ou ser necessário rotear o fluxo através dos hubs, e (5) existe um objetivo que depende da instalação hubs e do roteamento do fluxo (CAMPBELL e O'KELLY, 2012).

Entre os estudos desenvolvidos de relevância para este trabalho, Ebery *et al.*, (2000) propõem um modelo capacitado com alocação múltipla para a localização de hubs (CMAHLP). Os autores introduzem as restrições de capacidade em nós hubs para limitar o volume a ser tratado, também o número de hubs estabelecidos é derivado da decisão do modelo matemático. Outros estudos dedicados aos problemas capacitados são Boland *et al.*, (2004), que estudam os problemas não-capacitados e capacitados de múltipla alocação de localização hub e desenvolvem pré-processamentos e restrições mais apertadas para formulações já existentes. Marín (2005) apresenta um novo modelo para o problema capacitado de múltipla alocação de localização hub de menor tamanho do que a desenvolvida Ebery *et al.*, (2000).

Correia *et al.*, (2010) consideram a possibilidade do tamanho dos hubs ser parte do processo de decisão do problema de alocação única de localização de hub. Para cada nó com potencial para se tornar hub foi assumido um conjunto de diferentes capacidades que está disponível para ser escolhido. Os autores propõem duas formulações, além do teste de um conjunto de desigualdades válidas para melhorar os modelos. Contreras *et al.*, (2012) também estudam o problema em que o tamanho das instalações de hubs é uma variável de decisão em problemas capacitados com múltiplas alocações de localização de hub. Também é proposta uma decomposição de Bender para resolver o problema de fluxo separável, onde o fluxo de mesma origem-destino pode percorrer caminhos distintos, e não-separável, onde o fluxo de mesma origem-destino tem que percorrer o mesmo caminho.

Contreras *et al.*, (2011) introduzem o problema dinâmico não-capacitado de localização de hub. Em problema dinâmico de hubs é permitido abrir e fechar o hub de acordo com a necessidade do período. Os autores usam *Branch-and-Bound* e Relaxação Lagrangeana para resolver o problema. Correia *et al.*, (2012) propõem um problema dinâmico de localização de hubs onde as mudanças na estrutura da rede podem ocorrer nos hubs e nas arcos que ligam os hubs. Também é proposta uma heurística de busca local.

2.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram apresentados os principais fatos que indicam a relevância do estudo da cadeia de exportação de soja brasileira.

Devido à extensão territorial do país e do número de Estados produtores de soja, este trabalho selecionou o Estado do Mato Grosso para ser analisado por causa de sua grande participação na produção e exportação de soja, além de sua localização geográfica, que implica no uso intensivo da infraestrutura logística do país.

Definida a área de produção considerada, foi realizado o levantamento dos dados necessários para o desenvolvimento do trabalho. Entre os dados estão: a divisão do Estado do Mato Grosso em microrregiões, a quantidade de soja disponível em cada microrregião, a quantidade de soja disponível por mês em cada microrregião, os pontos de transbordo utilizados, as rotas e custos para transportar a soja do Estado até os portos, os portos exportadores, as rotas marítimas de transporte de soja para os países importadores, os países importadores e a capacidade de armazenamento em cada ponto da rede.

Neste capítulo também foi realizado o estudo bibliográfico referente aos trabalhos dedicados à cadeia de exportação da soja brasileira. Neste estudo foi identificada a oportunidade para propor um novo modelo matemático capaz de abranger a maioria das especificações de infraestrutura necessárias para o desenvolvimento desta cadeia.

O modelo proposto tem por objetivo modelar de modo conjunto a localização de facilidades e o design da rede de transporte. E, por se tratar de uma commodity favorecida pelo transporte de larga escala, foi adotado como base para o modelo o problema de localização de hubs, que é um dos subproblemas de localização de facilidades e design da rede, no qual o transporte do fluxo entre hubs é favorecido pelo incentivo de economia de escala proveniente da consolidação.

CAPÍTULO 3 . O PROBLEMA CAPACITADO DE DESIGN DE REDE DE HUBS

3.1 INTRODUÇÃO

A matriz de transporte brasileira tem sua maior parte concentrada no modal rodoviário. No caso do transporte de soja, esta deficiência tem se agravado com o deslocamento da produção para o interior do país e consequente distanciamento das principais regiões consumidoras e portos exportadores.

Uma alternativa é o uso de meios de transporte mais eficientes, como o transporte ferroviário e hidroviário, capazes de transportar a soja consolidada, ou seja, em maiores quantidades, com menores custos. Deste modo, é importante que, além da implantação de meios de transportes alternativos, seja fornecida a infraestrutura que suporta esta rede, como: terminais e vias que possibilitem o acesso aos mesmos. A composição de vias de acesso aos terminais (seja por rodovia ou outro modal), os terminais e a rota ferroviária e/ou hidroviária é chamada de rede intermodal.

Entre os estudos de otimização de redes intermodais destaca-se o uso do problema de localização de hubs.

Arnold *et al.*, (2001) desenvolveram um dos primeiros trabalhos de redes hub intermodais. De acordo com a formulação, um número fixo de hubs intermodais é selecionado num conjunto de nós candidatos, onde os nós candidatos são os nós que são comuns aos respectivos modais. Arnold *et al.*, (2004) apresentam formulações alternativas, representando cada modal como uma rede, ou seja, o problema é dividido em subgrafos, com seus respectivos nós e arcos que são ligados por arcos chamados arcos de transferência.

Racunica e Wynter (2005) avaliam o conceito de hubs numa rede composta pelos modais rodoviário e ferroviário. O modelo proposto pelos autores é baseado no problema de localização de hubs não-capacitados e a economia de escala, obtida pela consolidação no modal ferroviário. A economia de escala é representada por uma função côncava do custo de transferência entre hubs. Groothedde *et al.*, (2005) estudam a implementação de redes de distribuição baseadas em hub no mercado de bens de consumo. A opção intermodal rodovia – hidrovia é comparada ao uso rodoviário sem composição modal. Os autores incorporam ao modelo os tempos de transbordo e

custo fixo para sua utilização, deste modo estabelecem uma relação entre demanda previsível e não previsível e modal apropriado.

Ishfaq e Sox, (2011) apresentam um modelo para rede de hub intermodal rodoviário – ferroviário. O modelo proposto considera que o fluxo pode ser transportado entre origem-destino apenas pelo modal rodoviário ou por composição rodoviário-ferroviária, dependendo dos custos e das restrições de tempo em trânsito para os respectivos modais.

Dentro do contexto da cadeia de exportação da soja, o modelo de localização de hubs é utilizado para explorar os benefícios da consolidação e redirecionamento do fluxo desde os pontos produtores até os portos exportadores.

Como a economia de escala já é considerada na matriz de custo, o modelo tem a opção de se beneficiar da consolidação mediante o *trade-off* entre custo de abertura dos hubs intermodais e custo de transporte das diversas rotas de transporte entre origem-destino. Entre as restrições a que o problema está exposto, a restrição de capacidade é um dos maiores limitantes da rede, deste modo, foi adotado por este trabalho um modelo capacitado de múltipla alocação de localização de hub (Ebery *et al.*, 2000) para a análise da cadeia de exportação da soja e, posteriormente, são exploradas as rotas de consolidação alternativas através do incentivo de economia de escala. A seguir é apresentada a formulação matemática deste modelo.

3.2 MODELO MATEMÁTICO

O problema capacitado de múltipla alocação de design de redes de hubs (CDRH) é definido como: Seja $\mathcal{G} = (\mathcal{N}, \mathcal{A})$ um grafo completo, onde $\mathcal{N} = \{1, 2, \dots, n\}$ é o conjunto de nós e $\mathcal{A}$ é o conjunto de arcos do problema. Γ_k - capacidade do hub k , c_{ij} - custo de utilização do arco (i, j) , F_k - custo fixo para abertura do hub na localidade k , O_i - quantidade demandada do nó i , D_j - quantidade consumida pelo nó j e α - fator de desconto obtido pela economia de escala.

As variáveis de decisão do problema são: X_{ik} - a quantidade de fluxo coletada do nó i pelo hub k , Y_{kl}^i - quantidade de fluxo transportada do hub k para o hub l com origem em i , Z_{lj}^i - quantidade de fluxo entregue pelo hub l para o destino j com origem em i e $H_k = 1$ se um hub é aberto na localidade k e 0 caso contrário.

Formulação:

$$\min \sum_i [\sum_k c_{ik} X_{ik} + \alpha \sum_k \sum_l c_{kl} Y_{kl}^i + \sum_l \sum_j c_{lj} Z_{lj}^i] + \sum_k F_k H_k \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_k X_{ik} = O_i \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_i \sum_l Z_{lj}^i = D_j \quad \forall i, j \in N \quad (3)$$

$$X_{ik} + \sum_l Y_{lk}^i = \sum_l Y_{kl}^i + \sum_j Z_{kj}^i \quad \forall i, k \in N \quad (4)$$

$$\sum_i X_{ik} \leq \Gamma_k H_k \quad \forall k \in N \quad (5)$$

$$X_{ik} \leq O_i H_k \quad \forall i, k \in N \quad (6)$$

$$\sum_i Z_{lj}^i \leq D_j H_l \quad \forall j, l \in N \quad (7)$$

$$Z_{lj}^i, Y_{kl}^i, X_{ik} \geq 0 \quad \forall k, l, i, j \in N \quad (8)$$

$$H_k \in \{0, 1\} \quad \forall k \in N \quad (9)$$

A Eq. (1) representa a função objetivo e minimiza o custo de transporte, que depende do fluxo que sai da origem até seu destino final, e o custo de abrir os hubs. A Eq. (2) e (3) são as equações de balanço do fluxo na origem e no destino, respectivamente. Já a Eq. (4) representa a equação de balanço no hub. A Eq. (5) limita a coleta de fluxo por cada hub e as Eq. (6) e (7) garantem que o fluxo só pode ser transferido via hub. As Eq. (8) e (9) definem as variáveis contínuas e binárias, respectivamente.

Observe que no modelo adotado a definição da quantidade de fluxo que deve ser transportada de uma origem i para o destino j - W_{ij} é relaxada, pois não é considerado essencial para este problema especificar a origem do fluxo, mas sim atender a demanda. Caso contrário, a Eq. (3) seria expressa por: $\sum_i \sum_l Z_{lj}^i = W_{ij} \quad \forall i, j \in N$.

O modelo CDRH é um modelo inteiro misto com n variáveis binárias, $2n^3 + n^2$ variáveis contínuas e $4n^2 + 2n$ restrições.

3.3 RESULTADOS COMPUTACIONAIS

O problema proposto foi implementado em CPLEX 12.4 e os testes realizados em um computador com processador Intel(R) Xeon(R) com 2,83GHz e 8GB de memória RAM em sistema operacional Ubuntu 11.04. Esta configuração foi adotada para todos os modelos posteriormente apresentados por este trabalho.

A análise do modelo foi realizada para 1 ano, considerando os dados da safra de 2012, e inclui os custos de transporte, de tarifas de transbordo e tarifas portuárias praticadas neste período. Este cenário é chamado de CM - Custo de Mercado ($\alpha = 1$) e é composto por 34 nós: as 22 microrregiões do Estado do Mato Grosso, os 5 pontos de transbordo localizados fora do Estado e os 7 portos exportadores de soja.

Neste caso, as 22 microrregiões são os nós de origem com produção conhecida e os portos são os nós de destino da soja e a quantidade exportada em cada porto é considerada conhecida. Todos os nós que compõem a rede são pontos em potencial para a instalação de hubs capacitados e com custo de instalação, com exceção dos portos onde a capacidade é considerada nula.

A instalação de um hub visa, em geral, a concentração de carga ou a distribuição de carga. No primeiro caso, o hub recebe produtos de diferentes fontes, transportado em geral em transportes menores, acumula os produtos e os transporta em maiores quantidades a partir daí. Um exemplo seria os hubs localizados mais próximos dos centros de produção, como é o caso da MI 11 – Cuiabá, que são chamados de pontos de consolidação. Já os hubs de distribuição estão usualmente mais próximos de seus destinos, e em geral, os produtos são distribuídos para os seus destinos utilizando outros modais. Este é o caso dos pontos de transbordo. E há também hubs intermediários, que interligam a outros hubs. Como o transporte entre alguns hubs pode utilizar um modal mais barato, por exemplo, ferrovia ou hidrovia, então foi realizada uma análise de sensibilidade em relação à economia de escala no custo de transporte entre hubs. Para isso, o cenário CM foi avaliado considerando que o fluxo transferido entre hubs tem um incentivo pela economia de escala de 20%, ou seja, $\alpha = 0,8$. Este novo cenário foi chamado de EECM – Custo de Mercado com Economia de Escala.

Os resultados gerais obtidos para os dois cenários, CM e EECM, são apresentados na Tabela 3-1. A primeira coluna especifica os cenários analisados, em seguida, o número de hubs

abertos - H, o custo total - CTotal, o custo de coleta - CColeta, o custo de entrega - CEntrega, o custo de movimentação da carga entre os hubs - CHub, o custo total de transporte - CTransporte (onde, $C_{Transporte} = C_{Coleta} + C_{Entrega} + C_{Hub}$), o custo de abertura - CAbertura, o tempo em segundos e o GAP, distanciamento da solução ótima e limitante inferior da solução obtida.

Tabela 3-1. Resultados gerais obtidos para o problema CDRH

Cenário	H	CTotal (milhões US\$)	CColeta (milhões US\$)	CEntrega (milhões US\$)	CHub (milhões US\$)	CTransporte (milhões US\$)	CAbertura (milhões US\$)	Tempo (s)	GAP (%)
CM	16	1.668,76	417,88	649,06	75,32	1.142,27	526,48	1,97	0,00
EECM	16	1.617,05	417,79	377,20	295,56	1.090,56	526,48	2,10	0,00

De acordo com a Tabela 3-1 e com análise de resultados dos cenários, observa-se que o modelo instalou hubs nas mesmas localidades para ambos os casos. Dentro do Estado foram instalados 11 hubs, além dos 5 pontos de transbordo localizados fora do Estado.

Como a quantidade de soja que deve seguir para o porto é definida, os portos que possuem maior demanda influenciam a localização dos hubs, que também é influenciada pelo *trade-off* do modelo entre custo de transporte e custo de instalação.

De acordo com MDIC (2013), em 2012 o Porto de Santos exportou aproximadamente 59% de toda a soja brasileira, Paranaguá exportou 11,60%, Manaus 10,40% e o restante da soja foi dividido entre os outros portos. Deste modo, estes três portos exercem maior influência sobre a localização, como mostra a Figura 3-1.

Em termos de custo total, o EECM apresentou um custo menor. As reduções de custos ocorreram no custo de entrega e no custo de transporte entre hubs.

3.3.1 CM

De acordo com o modelo matemático e rotas consideradas, há três modos de realizar as entregas de soja aos portos: (1) a soja é coletada por um hub localizado dentro do Estado do Mato Grosso e posteriormente entregue aos portos, (2) a soja é coletada por um ponto de transbordo aberto, e posteriormente entregue aos portos, e (3) a soja é coletada por um hub dentro do Estado, transportada a um hub intermediário (que pode ser um hub dentro do Estado ou um ponto de transbordo), e posteriormente entregue aos portos.

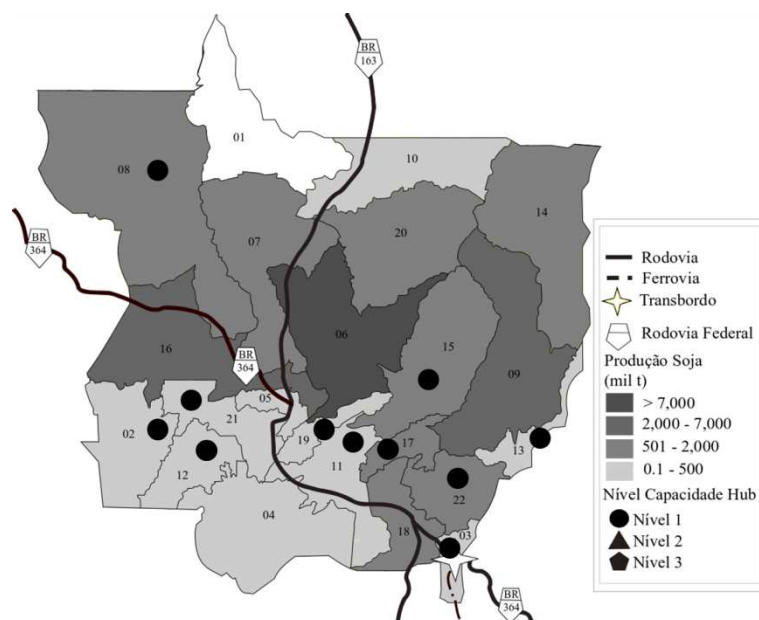


Figura 3-1. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CDRH

O primeiro tipo de entrega é considerado como entrega direta onde, após ser coletada pelo hub, a soja é transportada de caminhão até o porto de destino. A menos que o hub considerado esteja localizado na MI 03 – Alto Araguaia que é um ponto de consolidação ferroviária.

O segundo tipo de entrega é consolidada, uma vez que os pontos de transbordo representam as mudanças de modal e têm capacidade de transportar grandes volumes. Por exemplo, a soja sai da MI 11 – Cuiabá e segue, via rodovia para o TR 25 – Maringá (PR), que é um ponto de consolidação, do TR 25 até o Porto de Paranaguá (PR) a soja é transportada em maior quantidade por viagem, já que este é um trecho de modal ferroviário.

Já o terceiro tipo de entrega define as rotas intermediárias por onde a soja é transportada antes de chegar ao porto. Neste caso, a soja é coletada por um hub e transportada para um segundo hub (hub intermediário), via rodovia, antes de seguir para o porto de destino. O hub intermediário pode ser um ponto de transbordo e, deste modo, a soja é entregue consolidada, ou pode ser um hub onde não há opção de consolidação, de onde a soja será entregue diretamente ao porto. A rota que utiliza um hub intermediário que é um ponto de consolidação pode ser exemplificada pela soja coletada por um hub na MI 21 – Tangará da Serra, depois segue para o TR 25 – Maringá (PR), ponto de consolidação ferroviário. Quando a rota utiliza um hub intermediário que não é um ponto de consolidação, ela pode ser exemplificada pela soja coletada pelo hub da MI 21 – Tangará da Serra e transportada para o hub da MI 18 – Rondonópolis, que não possui ponto de

consolidação e realiza entregas ao Porto de Santos por rodovia.

No caso do cenário de CM, as rotas intermediárias que transportam a soja até um hub de transbordo sugerem que a soja é coletada do polo produtor por um hub e, posteriormente, é enviada para o hub de transbordo, por ter maior vantagem econômica quando comparada à mesma soja ser coletada pelo hub de transbordo. Já as rotas intermediárias que transportam a soja através de hubs que não realizam consolidação sugerem que é economicamente mais vantajoso redirecionar a soja dentro do Estado, ao invés de enviá-la diretamente ao porto.

A Tabela 3-2 mostra as rotas intermediárias utilizadas para este cenário, onde a primeira coluna mostra a microrregião de onde a soja foi coletada; a segunda, o hub que realizou a coleta; a terceira coluna o hub intermediário; e a última coluna mostra a quantidade de soja transportada pela rota intermediária. Para facilitar a consulta das siglas nesta e nas demais tabelas apresentadas por este trabalho, a Tabela B-1, do Anexo B, contém as siglas e os nomes de todos os locais utilizados.

Tabela 3-2. Rotas intermediárias em CM - CDRH

MI de origem	Hub de coleta	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)
MI 07	MI 08	TR 26	467,41
MI 16	MI 02	TR 26	65,11
MI 16	MI 11	TR 25	381,92
MI 16	MI 12	TR 25	23,71
MI 16	MI 19	TR 25	294,50
MI 16	MI 21	MI 19	267,26
MI 16	MI 21	TR 26	120,89

De acordo com a análise dos resultados obtidos, as rotas intermediárias são essencialmente utilizadas para transportar a soja proveniente da MI 16 - Parecis, já que grande parte da sua produção é utilizada para abastecer os portos do Sul e do Norte que são geograficamente distantes do polo produtor.

É possível notar que os hubs intermediários são basicamente os pontos de transbordo de TR 25 - Londrina (PR) e de TR 26 - Porto Velho (RO). No entanto, os hubs de coleta são distintos devido à limitação imposta pelo modelo sobre a capacidade de coleta de cada hub.

Apesar de limitar a capacidade de coleta, o modelo não se preocupa em limitar a quantidade de fluxo que chega ao hub intermediário, representado pela variável $\sum_l Y_{lk}^i$. Deste modo, destaca-se um excesso de fluxo nos hubs intermediários MI 19 – Rosário Oeste, TR 25 - Londri-

na (PR) e TR 26 - Porto Velho (RO) que, de acordo com a análise de fluxo coletado, ocupam sua capacidade no limite máximo e ainda recebem a soja do fluxo intermediário.

Comparando a quantidade de soja transportada por rotas intermediárias com as 10.763.230,00 toneladas exportadas no ano de 2012, conclui-se que grande parte da soja foi transportada diretamente aos portos ou foi coletada pelos hubs de transbordo antes de ser entregue.

A Tabela 3-3 descreve por qual hub a soja foi entregue ao porto de destino. Assim, primeira coluna representa o hub que atende o porto, a segunda o porto atendido e a terceira a quantidade de soja transportada entre hub ao porto.

De acordo com a Tabela 3-3 a soja com destino ao PO 32 - Porto de Santos (SP) é coletada pelos hubs e entregue ao porto. A MI 03 - Alto Araguaia e TR 23 – São Simão (GO) / Anhembi (SP) são os pontos de consolidação utilizados para atender o Porto de Santos e estes pontos transportam soja na sua capacidade máxima. O restante da soja é transportado diretamente dos hubs de coleta MI 11 - Cuiabá, MI 13 – Médio Araguaia, MI 15 - Paranatinga, MI 17 – Primavera do Leste e MI 22 - Tesouro.

Tabela 3-3. Rotas de entregas de soja aos portos CM - CDRH

Hubs	Portos	Quantidade transportada (mil t)
MI 03	PO 32	1.033,70
MI 11	PO 32	236,29
MI 13	PO 32	98,14
MI 15	PO 32	440,20
MI 17	PO 32	3.152,18
MI 22	PO 32	383,85
TR 23	PO 32	999,99
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

Para os portos de PO 28 - Manaus (AM), PO 29 - Santarém (PA) e PO 30 - São Luís (MA) as entregas são realizadas por consolidação nas TR 26 – Porto Velho (RO) e TR 27 – Porto Nacional (TO), respectivamente, uma vez que não são consideradas rotas alternativas para estes destinos.

Já os portos de PO 33 - Paranaguá (PR) e PO 34 - São Francisco do Sul (SC), mesmo com rotas alternativas, os portos são atendidos apenas pelo ponto de transbordo de TR 25 - Ma-

ringá (PR).

3.3.2 EECM

O cenário de EECM considera uma economia de 20% em todo transporte de fluxo realizado entre hubs, deste modo, as entregas ficam concentradas nos pontos de transbordo que atendem os portos, já que o transporte intermediário passa a ser economicamente mais vantajoso.

Neste caso, rotas intermediárias não utilizadas no cenário de CM são exploradas pelo modelo CDRH e podem ser interpretadas como trechos onde a consolidação do fluxo traz vantagem econômica ao transporte.

Em relação ao cenário anterior, a principal mudança é no transporte de soja com destino ao Porto de Santos, que era realizado dos hubs coletores ao porto, e neste cenário, a soja é transportada dos hubs coletores para o ponto de transbordo de TR 23 - São Simão (GO) / Anhembi (SP) para ser entregue consolidada, como mostra a Tabela 3-4.

Tabela 3-4. Rotas intermediárias em EECM - CDRH

MI de origem	Hub de coleta	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)
MI 06	MI 15	TR 23	440,20
MI 06	MI 17	TR 23	3.152,18
MI 07	MI 08	TR 26	469,16
MI 09	MI 03	TR 23	371,78
MI 09	MI 13	TR 23	98,14
MI 15	MI 03	TR 23	300,86
MI 16	MI 02	TR 26	65,11
MI 16	MI 11	TR 23	236,29
MI 16	MI 11	TR 25	381,92
MI 16	MI 12	TR 25	23,71
MI 16	MI 19	TR 25	294,50
MI 16	MI 21	MI 19	267,26
MI 16	MI 21	TR 26	120,89
MI 17	MI 03	TR 23	361,05
MI 17	MI 22	TR 23	383,85

Como no cenário anterior, há uma sobrecarga em alguns pontos de transbordo causado pelo fluxo proveniente das rotas intermediárias. Por exemplo, na Tabela 3-4 a rota intermediária MI 06 – MI 17 – TR 23 entrega ao ponto de transbordo uma quantidade três vezes maior do que sua capacidade. No entanto, a mesma rota é responsável por transportar uma grande quantidade de fluxo destinado ao Porto de Santos, e o resultado obtido indica a necessidade de consolidar

este fluxo para o barateamento do transporte.

Outro ponto de destaque nesta análise é que o menor custo das rotas de acesso que levam o fluxo até o TR 23 – São Simão (GO) /Anhembí (SP) altera completamente o modo de transporte da soja com destino ao Porto de Santos, onde nem mesmo o transporte de soja da MI 03 – Alto Araguaia por ferrovia até Santos é competitivo.

As rotas de entregas dos hubs aos portos são apresentadas na Tabela 3-5.

Tabela 3-5. Rotas de entrega de soja aos portos em EECM – CDRH

Hubs	Portos	Quantidade transportada (mil t)
TR 23	PO 32	6.344,38
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 34	450,83
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 26	PO 29	528,11
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 27	PO 30	282,37

Em termos de resultados gerais, Tabela 3-1, mesmo com o aumento do custo de transporte entre hubs, a vantagem observada nesta análise de sensibilidade é refletida no custo de entrega que é significativamente reduzido.

3.4 CONCLUSÃO

O modelo CDRH é proposto para explorar as opções intermodais de transporte que atendem o Estado do Mato Grosso. Para utilizá-lo foi relaxada a hipótese de que a quantidade de fluxo entre o par origem-destino é conhecido, já que esta imposição não se apresenta como uma característica relevante para este estudo.

Os resultados obtidos para os dois cenários, CM e EECM, mostram a necessidade de limitar a entrada do fluxo proveniente de rotas intermediárias nos hubs na Eq. (5), para retratar a limitação dos hubs em relação à capacidade de recepção, manuseio e despacho de fluxo.

A análise do cenário de CM evidência que os custos praticados favorecem a consolidação do fluxo destinado ao Porto de Paranaguá (PR) e São Francisco do Sul (SC), pois mesmo tendo que passar por rotas intermediárias para chegar ao ponto de transbordo de TR 25 -

Maringá (PR), a consolidação oferece mais vantagens financeiras do que a entrega realizada pelos hubs de coleta.

O oposto pode ser observado para o Porto de Santos, que apesar de utilizar ao máximo seus pontos de consolidação, MI 03 – Alto Araguaia e TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP), os custos de transporte consolidado não apresentam vantagem suficiente no *trade-off* entre custo de transporte direto e custo de transporte por rotas intermediárias seguido por consolidação.

Esta afirmação é confirmada pela análise da sensibilidade com o cenário EECM. Ao tornar a consolidação mais atrativa financeiramente, o fluxo que segue para o Porto de Santos deixa de ser entregue pelos hubs coletores e passa a seguir por rotas intermediárias até o TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP).

Os estudos realizados neste capítulo evidenciam a necessidade de maior incentivo financeiro nas condições de consolidação das rotas que abastecem o Porto de Santos. No entanto, há a necessidade de adequar o modelo proposto para melhor descrever as rotas de exportação da soja.

CAPÍTULO 4 . O MODELO DINÂMICO CAPACITADO DE DESIGN DE REDE DE HUBS

4.1 INTRODUÇÃO

A expansão não planejada das fronteiras agrícolas brasileiras teve como consequência o agravamento dos problemas de infraestrutura de transporte e o problema da falta capacidade para o armazenamento da safra.

O déficit de armazenagem obriga os produtores a negociar a safra com antecipação, muitas vezes a baixos preços e transportá-la logo após a colheita, período com altos custos de frete. Uma adequada capacidade de armazenagem contribui para o escoamento da produção mais distribuído ao longo do tempo, aumentando a capacidade de negociação dos produtores e diminuindo os custos de transporte.

Segundo Medeiros e Goldsmith (2013), outro fato que agrava o déficit de armazenagem do Estado do Mato Grosso é a produção do milho de 2° safra que ainda está em processo de expansão, devido ao bom preço do produto no mercado. Ainda de acordo com o IMEA (2013), 35% da área planta de soja é utilizada para o milho de 2° safra.

Considerando a produção de soja e milho do Estado do Mato Grosso, este possui um déficit de armazenagem 20 milhões de toneladas (IMEA, 2013).

Diante desta realidade, o governo brasileiro está adotando medidas para a ampliação da armazenagem dos grãos⁴. Uma das medidas adotadas prevê o investimento na construção de novos silos e ampliação da capacidade de armazenagem da CONAB (MAPA, 2013a).

A dimensão do investimento que será realizado e a expectativa de melhora efetiva na cadeia de comercialização da soja requerem um planejamento e avaliações para melhor utilização do recurso. Diante desta realidade, este capítulo propõe que o modelo CDRH seja estendido e abranja a decisão de localização de hubs e que, além de consolidar/redirecionar o fluxo, tenha capacidade de armazenamento da soja, além das modificações necessárias, que foram identificadas no Capítulo 3.

Deste modo, o modelo define a localização dos pontos de estoque que favorecem a comercialização da soja, a localização de pontos de redirecionamento/consolidação, define as rotas

⁴ Plano Agrícola e Pecuário 2013/2014 (MAPA, 2013).

de transporte e considera a limitação de capacidade dos pontos para a coleta, manuseio e expedição.

4.2 O MODELO MATEMÁTICO

O modelo dinâmico capacitado de design de rede de hubs (DCDRH) inclui as características apresentadas pelo modelo CDRH do Capítulo 3, além de considerar: (1) a discretização do tempo - ou seja, ao invés do modelo avaliar a soja disponível e exportação do ano, esta avaliação passa a considerar a soja disponível e exportação por mês; (2) a capacidade de armazenamento nos hubs – além de operarem como pontos de redirecionamento/consolidação, os hubs também passam a armazenar a soja.

A necessidade da discretização do tempo surge da característica sazonal da cultura de soja, onde a colheita é realizada de janeiro a maio, e das exportações que ocorrem durante todo o ano. A mesma característica implica na necessidade de armazenamento da produção.

Além disso, a discretização do tempo permite uma melhor operação do sistema uma vez que a quantidade de fluxo no tempo é menor do que a quantidade anual de soja, possibilitando o melhor aproveitamento das capacidades.

Deste modo, seja $\mathcal{G} = (\mathcal{N}, \mathcal{A})$ um grafo completo, onde $\mathcal{N} = \{1, \dots, n\}$ é o conjunto de nós, $\mathcal{A}$ é o conjunto de arcos do problema e $T = \{1, \dots, t\}$ é o conjunto que abrange o período analisado. Γ_k - capacidade do hub k , c_{ij}^t - custo de utilização do arco (i, j) no período t , F_k - custo fixo para abertura de um hub em k , O_i^t - quantidade demandada do nó i no período t , D_j^t - quantidade consumida pelo nó j no período t , γ_k^t - custo de armazenamento por unidade de fluxo no hub k no período t e α - fator de desconto obtido pela economia de escala. As variáveis de decisão do problema são: X_{ik}^t - a quantidade de fluxo coletada do nó i pelo hub k no período t , Y_{kl}^t - quantidade de fluxo transportada do hub k para o hub l no período t , Z_{ij}^t - quantidade de fluxo entregue pelo hub l para o destino j com origem em i no período t , ε_k^t - quantidade de fluxo estocada no hub k no período t e $H_k = 1$ se k é hub e 0 c.c.

Formulação:

$$\min \sum_t [\sum_i \sum_k c_{ik}^t X_{ik}^t + \alpha \sum_k \sum_l c_{kl}^t Y_{kl}^t + \sum_l \sum_j c_{lj}^t Z_{lj}^t] + \sum_k F_k H_k + \sum_t \sum_k \varepsilon_k^t \gamma_k^t \quad (10)$$

Sujeito a:

$$\sum_k X_{ik}^t = P_i^t \quad \forall i \in N, t \in T \quad (11)$$

$$\sum_l Z_{lj}^t = D_j^t \quad \forall j \in N, t \in T \quad (12)$$

$$\varepsilon_k^{t-1} + \sum_i X_{ik}^t + \sum_l Y_{lk}^t = \varepsilon_k^t + \sum_l Y_{kl}^t + \sum_j Z_{kj}^t \quad \forall k \in N, t \in T \quad (13)$$

$$\varepsilon_k^{t-1} + \sum_i X_{ik}^t + \sum_l Y_{lk}^t \leq \Gamma_k H_k \quad \forall k \in N, t \in T \quad (14)$$

$$X_{ik}^t \leq P_i^t H_k \quad \forall i, k \in N, t \in T \quad (15)$$

$$Z_{lj}^t \leq D_j^t H_l \quad \forall j, l \in N, t \in T \quad (16)$$

$$Z_{lj}^t, Y_{kl}^t, X_{ik}^t, \varepsilon_k^t \geq 0 \quad \forall k, l, i, j \in N, t \in T \quad (17)$$

$$H_k \in \{0, 1\} \quad \forall k \in N \quad (18)$$

A Eq. (10) representa a função objetivo e minimiza o custo de transporte do fluxo desde a origem até seu destino final ao longo do período de estudo, o custo de abrir os hubs e o custo de armazenamento da soja nos hubs ao longo do período de estudo. A Eq. (11) e (12) são as equações de balanço do fluxo na origem e no destino por período, respectivamente. Já a Eq. (13) representa a equação de balanço no hub por período. A Eq. (14) estabelece que, para cada hub, o fluxo estocado no período anterior, mais o fluxo coletado, mais o fluxo recebido por rotas intermediárias não pode exceder a capacidade do hub e as Eq. (15) e (16) garantem que o fluxo só pode ser transferido via hub em todos os períodos. As Eq. (17) e (18) definem as variáveis contínuas e binárias, respectivamente.

Neste modelo foi suprimido o índice i das variáveis Y e Z , pois uma vez realizada a coleta da soja, representada pela variável X , não é necessário continuar identificando a origem deste fluxo. Além disso, manter o índice i nas variáveis Y e Z aumenta consideravelmente o número de variáveis do problema.

O modelo DCDRH é um modelo inteiro misto com n variáveis binárias, $3n^2t + nt$ variáveis contínuas e $2n^2t + 4nt$ restrições.

4.3 RESULTADOS COMPUTACIONAIS

Para o modelo DCDRH são realizadas análises para um ano, considerando os dados da safra de 2012, e três anos, considerando os dados das safras de 2010, 2011 e 2012. Com a possibilidade de realizar armazenamento da soja excedente, não há mais a obrigatoriedade de utilizar os dados balanceados de soja disponível para a exportação e soja exportada. Desde modo, passa a ser considerada, para cada microrregião a quantidade de soja disponível (ver Tabela 2-2).

Uma vez que a quantidade de soja disponível no Estado é maior que a quantidade de soja exportada pelo mesmo, há um excedente de soja que ficará contabilizado como estoque no resultado final.

Semelhante à análise realizada no capítulo anterior, os cenários CM e EECM são considerados nesta análise, porém, os dados são considerados discretizados. Além da análise de sensibilidade proposta pelo cenário de EECM, a introdução da característica de armazenamento permite avaliar as opções de pontos de armazenagem. Logo, para os cenários CM e EECM a área de armazenagem considerada é qualquer microrregião do Estado do Mato Grosso e, a fim de avaliar o impacto do armazenamento em pontos mais próximos dos pontos de demanda, são propostos mais dois cenários: CM-T – que mantém as mesmas características do CM e expande a permissão do armazenamento da soja aos pontos de transbordo; e, EECM-T - com as mesmas características de EECM e permissão de armazenamento da soja nos pontos de transbordo. As operações atuais não consideram a formação de estoque nos pontos de transbordo, somente o estoque temporário a fim de completar a carga do comboio.

Com o objetivo de facilitar a análise de comportamento do estoque nos hubs e de entrega realizadas, as 22 microrregiões do Estado do Mato Grosso e os cinco pontos de transbordo foram divididos, arbitrariamente, em quatro macrorregiões, como mostra a Figura 4-1.

Logo, as análises gráficas referentes a macrorregiões realizadas, neste capítulo e capítulos seguintes, são referentes à divisão adotada. Esta divisão não exclui a possibilidade de uma macrorregião transportar soja ou realizar entregas a outra macrorregião.

4.3.1 ANÁLISE DE 1 ANO

As análises do modelo DCDRH para um ano permitem avaliar o design da rede sob a influência das características de discretização do tempo, armazenamento e submissão de recebimento de fluxo por rotas intermediárias à capacidade dos hubs.

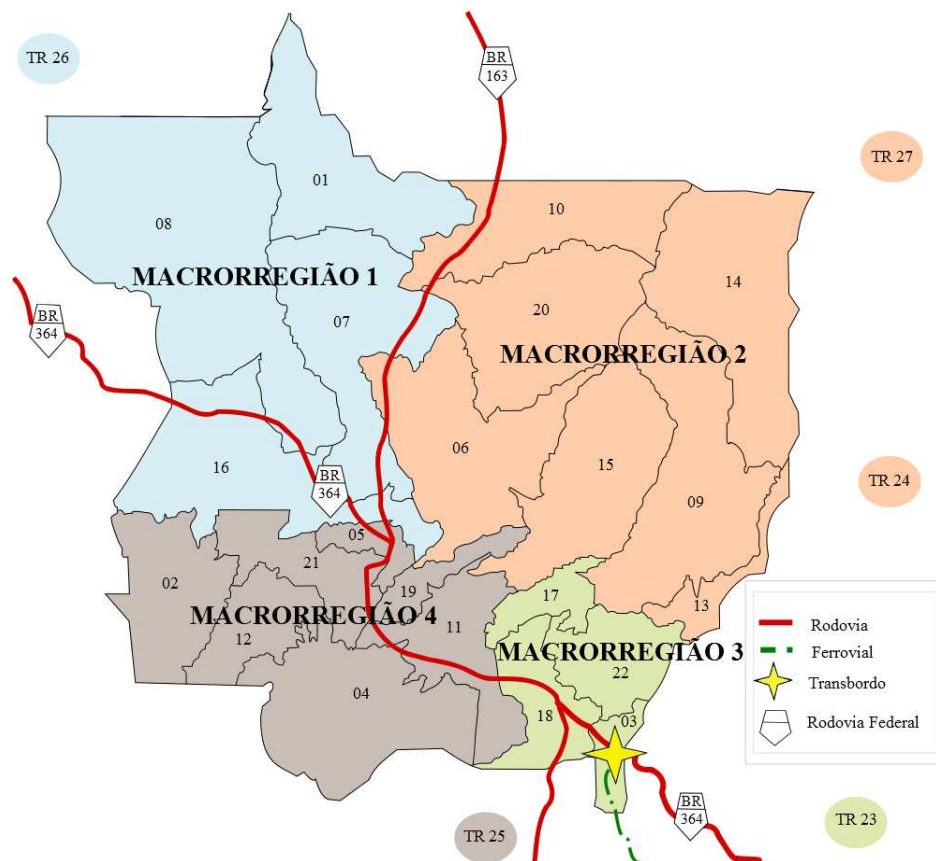


Figura 4-1. Divisão dos nós da rede em Macrorregiões

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados gerais obtidos para os cenários CM, EECM, CM-T e EECM-T são apresentados na Tabela 4-1. Na primeira coluna é especificado o cenário analisado, em seguida, o número de hubs abertos - H, o custo total - CTotal, o custo de coleta - CColeta, o custo de entrega - CEntrega, o custo de movimentação da carga entre os hubs - CHub, o custo total de transporte - CTransporte (onde, CTransporte = CColeta+ CEntrega + CHub), o custo de abertura - CAbertura, o custo de estoque - CEstoque, o tempo em segundos e o GAP da solução obtida.

Tabela 4-1. Resultados gerais para 1 ano para o modelo DCDRH

Cenários	H	CTotal (milhões US\$)	CColeta (milhões US\$)	CEntrega (milhões US\$)	CHubs (milhões US\$)	CTranporte (milhões US\$)	CAbertura (milhões US\$)	CEstoque (milhões US\$)	Tempo (s)	GAP (%)
CM	15	2.945,04	481,52	606,88	194,68	1.283,09	954,47	707,47	2,19	0,16
EECM	15	2.878,40	458,92	429,57	409,94	1.298,44	954,47	707,47	1,57	0,08
CM-T	17	2.800,29	568,65	600,14	75,51	1.244,30	848,50	707,47	0,68	0,00
EECM-T	16	2.755,52	520,06	430,32	333,03	1.283,42	831,23	707,47	0,93	0,13

De acordo com a análise de resultados, para os cenários de CM e EECM foram localizados hubs nas mesmas localidades, enquanto que para os cenários CM-T e EECM-T possuem localizações distintas entre eles e entre os cenários anteriores.

Em termos de resultados gerais, o melhor resultado foi para o cenário de EECM-T, cenário que também apresenta o menor custo de abertura. Em termos de custo de transporte, o melhor resultado é apresentado pelo cenário CM-T, que é o segundo melhor resultado geral e de custo de abertura.

As particularidades de cada cenário são apresentadas a seguir.

4.3.1.1 CM

No cenário CM são instalados hubs em 15 localidades, das quais 10 estão localizadas dentro do Estado de MT e as 5 restantes são os pontos de transbordo, como mostra a Figura 4-2.

A quantidade de soja movimentada pelos portos da região Sul e Sudeste do país exerce grande influência na localização dos hubs dentro do Estado, logo, a região Sul do Estado apresenta um maior número de hubs abertos. Outros fatores que influenciam na localização de hubs são: as regiões produtoras, a capacidade requerida para manusear a soja e o *trade-off* realizado pelo modelo entre custos de abertura dos hubs e custo de transporte. A Tabela 4-2 apresenta os hubs instalados, a capacidade de cada hubs e a capacidade total dentro do Estado e nos pontos de transbordo.

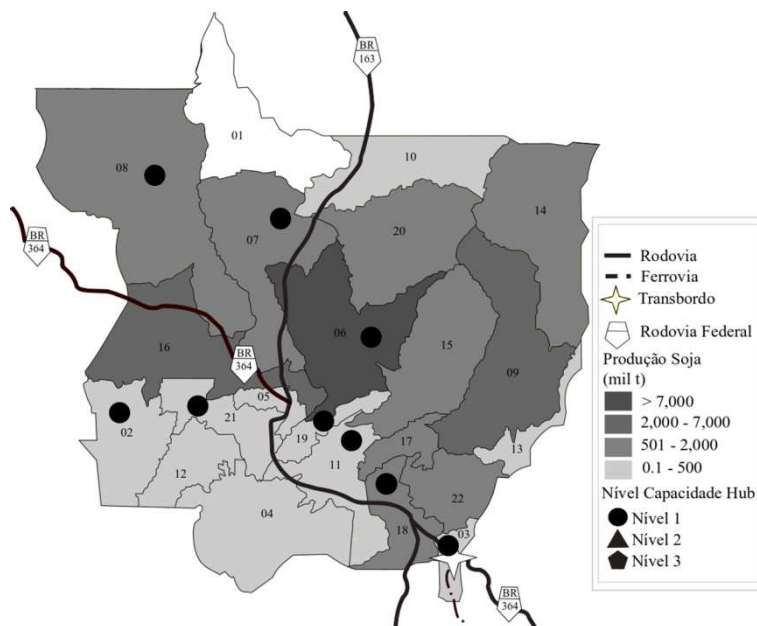


Figura 4-2. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DCDRH

Tabela 4-2. Hubs e capacidade instalada em CM - DCDRH

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 02 – Alto Guaporé	65,11	16.210,49
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 07 – Arinos	776,94	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 09 – Canarana	1.701,71	
MI 11 – Cuiabá	618,22	
MI 18 – Rondonópolis	2.311,34	
MI 19 – Rosário Oeste	27,24	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1.000,00	5.000,00
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

Considerando que os portos exportadores são o destino final da soja, os pontos de transbordo: TR 23 – São Simão (GO) /Anhembi (SP), TR 24 – Araguari (MG), TR 25 – Maringá (PR), TR 26 – Porto Velho (RO) e TR 27 – Porto Nacional são abertos para atender os portos. Além deste, o ponto de transbordo MI 03 – Alto Araguaia (MT) também aberto.

Apesar da semelhança relatada na localização dos hubs, a discretização do tempo e a consideração dos estoques mudam a dinâmica do fluxo na rede. Este fato pode ser observado pela utilização das rotas intermediárias na Tabela 4-3. A primeira coluna apresenta o hub que efetuou

a coleta da soja no polo produtor, a segunda é o hub intermediário e a terceira coluna é a quantidade de soja transportada pela rota durante todo o período avaliado.

O número de rotas intermediárias utilizadas quase dobra com relação ao cenário de CM do modelo CDRH. E entre as mudanças observadas, destaca-se o fato de todos os portos serem abastecidos por soja proveniente de rotas intermediárias. No entanto, do fluxo que segue para o Porto de Santos, apenas o hub da MI 03 – Alto Araguaia recebe soja para ser entregue consolidada, sendo que o restante do fluxo que segue para o Porto de Santos é redirecionado para o hub localizado na MI 18 – Rondonópolis e entregue diretamente por via rodoviária.

Tabela 4-3. Rotas intermediárias em CM - DCDRH

Hub de origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)
MI 02	TR 26	121,01
MI 06	MI 19	217,92
MI 07	TR 25	460,92
MI 07	TR 26	107,93
MI 08	TR 26	469,16
MI 09	TR 24	489,16
MI 09	TR 27	178,39
MI 11	MI 03	429,15
MI 11	MI 18	148,34
MI 11	TR 25	535,34
MI 19	TR 25	297,15
MI 21	MI 18	397,81
MI 21	TR 26	388,15

As rotas intermediárias possibilitam entender como é enviada aos portos e quais os caminhos são utilizados para o seu transporte entre as microrregiões e das microrregiões aos pontos de transbordo ou aos hubs que serão responsáveis por realizar as entregas aos portos. Por exemplo, o hub da MI 06 – Alto Teles Pires transporta soja até o hub da microrregião MI 19 – Rosário Oeste, num total de 217,92 mil toneladas de soja, que posteriormente, junto com a soja coletada ou armazenada no hub da MI 19 – Rosário Oeste, segue para o ponto de transbordo TR 25 – Maringá totalizando 297,15 mil toneladas de soja que segue para o Porto de Paranaguá ou para o Porto de São Francisco do Sul através desta rota.

Para complementar este entendimento, o comportamento dos estoques e entregas é apresentado na Figura 4-3.

Os gráficos de estoque e entrega mostram os valores normalizados do fluxo pelo tempo, em meses. A normalização de cada hub foi realizada em relação a sua capacidade, e a legenda mostra apenas os hubs que são abertos na macrorregião.

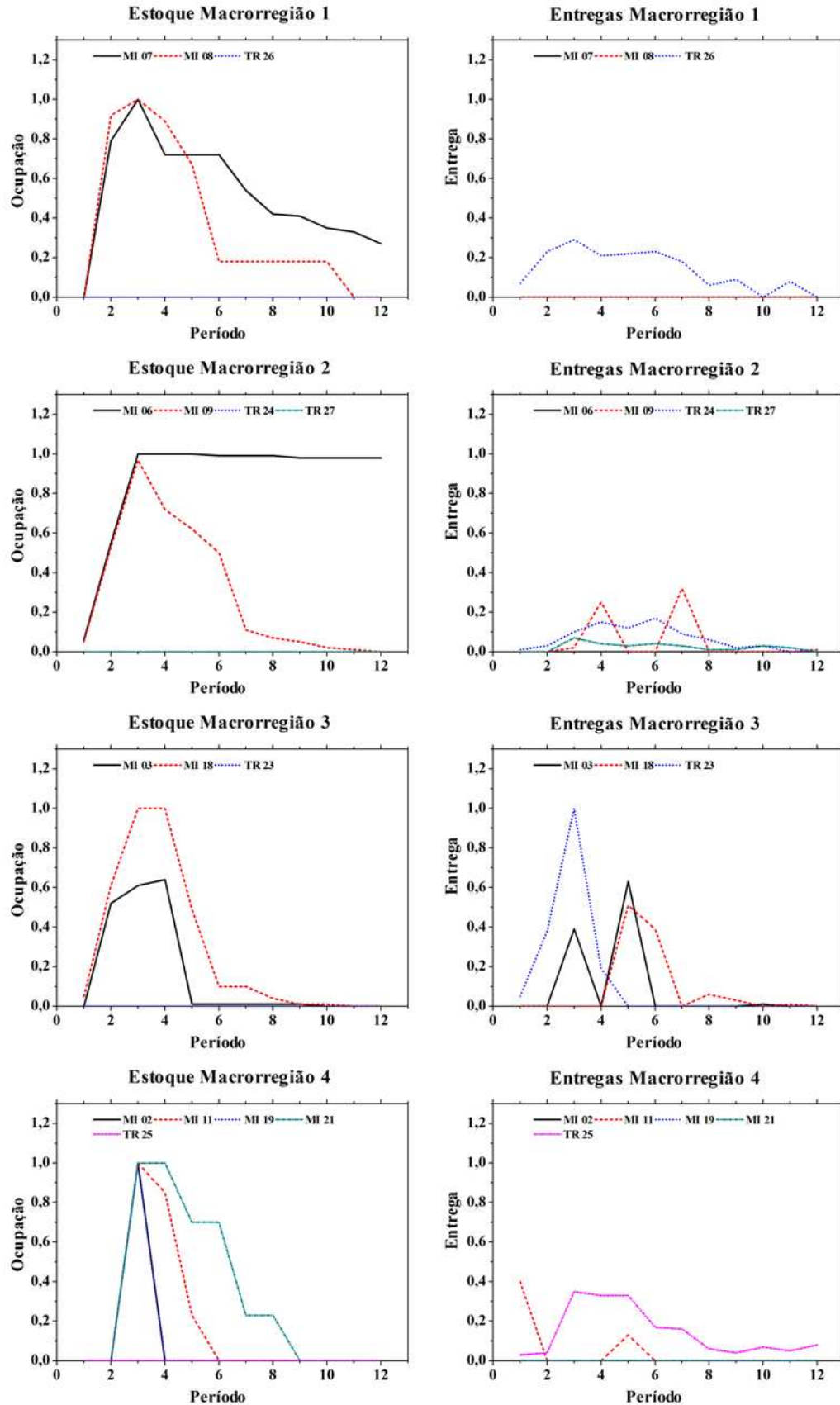


Figura 4-3. Estoques/entregas por macroregião em CM - DCDRH

Por exemplo, o gráfico Estoque Macrorregião 3 da Figura 4-3 mostra que nesta macrorregião foram abertos hubs nas MI 03 – Alto Araguaia , MI 18 - Rondonópolis e TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP), onde MI 03 – Alto Araguaia armazena no máximo um fluxo que corresponde a 70% da sua capacidade no período 4. Já o gráfico de Entregas Macrorregião 3 está relacionado ao gráfico de Estoque da Macrorregião 3, mas representa o fluxo entregue aos portos por cada hub por período.

Logo, ainda considerando a MI 03 – Alto Araguaia com 70% da sua capacidade ocupada por soja estocada no período 4, no gráfico Estoque Macrorregião 3, e as entregas da MI 03 – Alto Araguaia, no gráfico Entregas Macrorregião 3, é possível observar que toda a soja armazenada no 4º período é entregue no 5º período, pois no 5º período o estoque desce a zero e as entregas sobem para 70% da capacidade da microrregião.

A análise das entregas realizadas mostra que as entregas diretas, que seguem de caminhão até o porto, só foram realizadas para o Porto de Santos pelas microrregiões MI 09 - Canarana, MI 11 - Cuiabá e MI 18 - Rondonópolis. A Tabela 4-4 sintetiza todas as entregas realizadas aos portos ao decorrer de todos os períodos, ou seja, a MI 03 – Alto Araguaia entregou ao PO 32 – Porto de Santos 1.066,10 mil toneladas de soja entre o 1º e 12º período.

Tabela 4-4. Rotas de entrega de soja aos portos em CM - DCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)
MI 03	PO 32	1.066,10
MI 09	PO 32	1.015,82
MI 11	PO 32	327,62
MI 18	PO 32	2.312,97
TR 23	PO 32	1.621,84
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

Outro fator observado é que as entregas realizadas por microrregiões ao Porto de Santos ocorrem em períodos distintos, onde os pontos de transbordo que abastecem o porto (TR 23 – São Simão (GO) /Anhembi (SP) e MI 03 – Alto Araguaia) tem capacidade livre para realizar estas entregas, evidenciando uma subutilização destes pontos.

4.3.1.2 EECM

Neste cenário é avaliado o impacto que um maior incentivo financeiro na consolidação do fluxo causa no design da rede de exportação de soja. Como mencionado anteriormente, EECM estabeleceu hubs nas mesmas localidades do cenário CM.

Comparando as rotas intermediárias deste cenário com as rotas intermediárias descritas no cenário anterior de CM, Seção 4.3.1.2, na maioria das rotas comuns a ambos os cenários houve um aumento na quantidade transportada, o que indica que a soja, anteriormente coletada pelos pontos de transbordo, passou a ser coletada por hubs localizados próximos aos polos produtores e, posteriormente, enviada por rotas intermediárias, tirando proveito da economia por consolidação, como mostra a Tabela 4-5.

Tabela 4-5. Rotas intermediárias em EECM - DCDRH

Hub de origem	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 02	TR 26	190,72
MI 03	TR 23	8,86
MI 06	MI 19	217,92
MI 07	TR 25	445,10
MI 07	TR 26	123,75
MI 08	TR 26	469,16
MI 09	TR 24	566,46
MI 09	TR 27	188,59
MI 09	TR 23	934,99
MI 11	TR 23	528,88
MI 11	MI 03	242,54
MI 11	MI 18	151,45
MI 11	TR 25	567,31
MI 18	TR 23	2.311,34
MI 19	TR 25	304,47
MI 21	MI 18	388,15
MI 21	TR 26	388,15

Além disso, o menor custo de acesso ao ponto de transbordo TR 23 – São Simão (GO) / Anhembí (SP) propicia o transporte da soja consolidada para o Porto de Santos, mesmo comportamento observado no cenário de EECM do modelo anterior CDRH, na Seção 3.3.2.

O comportamento dos estoques e das entregas também se altera, e esta afirmação pode ser observada no gráfico de Estoque e Entrega da Macrorregião 3 na Figura 4-4.

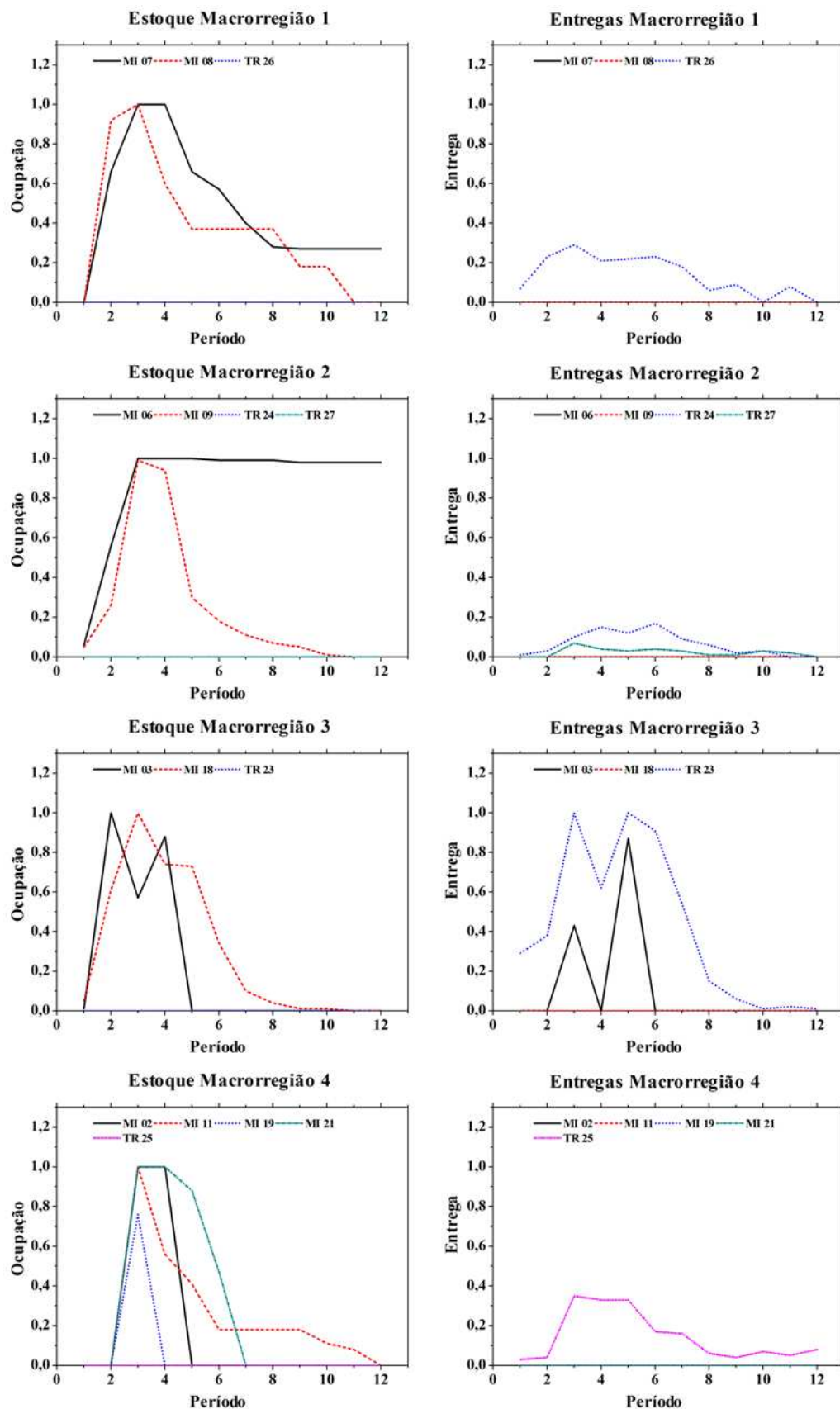


Figura 4-4. Estoques/entregas por macrorregião em EECM- DCDRH

Nesta macrorregião, ao analisar a MI 03 – Alto Araguaia é possível verificar a evolução da capacidade utilizada, para estoque e entrega, quando se compara as Figuras 4-4 e 4-3, do cenário CM. Nas demais macrorregiões também há alterações, mas elas são mais discretas. O gráfico de Entregas da Macrorregião 3 apresenta um aumento do fluxo recebido e entregue pelo TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP) que passa a atuar com maior intensidade no período de maior exportação da safra.

As mudanças no comportamento das entregas também podem ser observadas na Tabela 4-6 que mostra os hubs que realizam entregas aos portos.

Tabela 4-6. Rotas de entrega de soja aos portos em EECM- DCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)
MI 03	PO 32	1.344,44
MI 18	PO 32	1,63
TR 23	PO 32	4.998,30
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

Para este cenário, apenas a MI 18 - Rondonópolis realiza entregas diretas ao Porto de Santos e em pequena quantidade. Esta entrega ocorre no 3º período, onde seu estoque está cheio e o TR 23 – São Simão (GO) /Anhembi (SP) também está trabalhando em sua máxima capacidade, como mostra a Figura 4-4. Neste período, há a possibilidade deste fluxo ser consolidado na MI 03 – Alto Araguaia. No entanto, os custos de redirecionamento mais consolidação não são competitivos quanto considerados os custos do fluxo direto.

É importante destacar que o incentivo de economia de escala influencia apenas a soja com destino a Santos, uma vez que a soja com destino aos demais portos já aproveita os benefícios da consolidação com o incentivo atualmente praticado.

4.3.1.3 CM-T

O cenário de CM-T avalia as mudanças no design da rede ao considerar pontos de estoque, com alta capacidade, localizados mais próximos dos pontos de demandas.

Para este cenário foram instalados hubs em 17 localidades. Dentre eles, 11 hubs estão localizados dentro do Estado do MT e geograficamente concentrados na região Centro-Sul e Sudeste, que são hubs com custo de abertura mais baratos, como mostra a Figura 4-5.

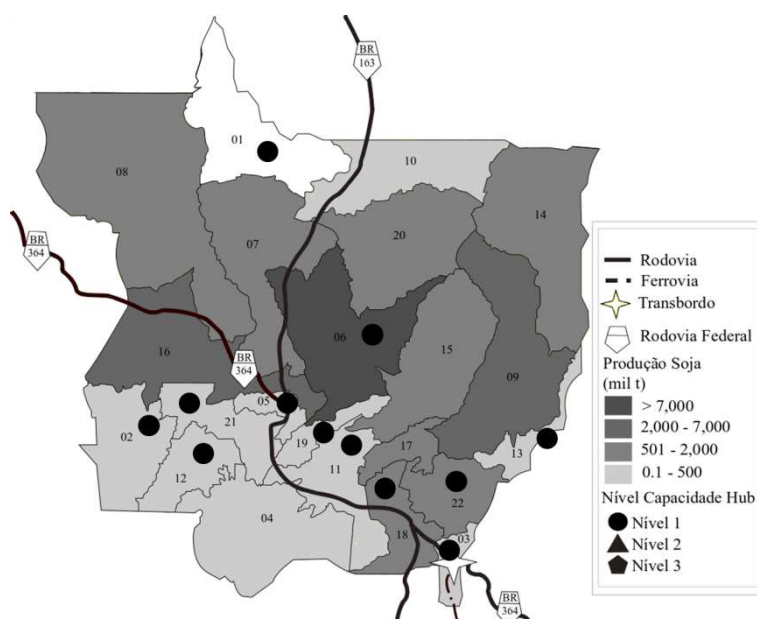


Figura 4-5. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DCDRH

A capacidade instalada em cada microrregião dentro do Estado do MT e nos pontos de transbordo, assim como a capacidade total instalada dentro do Estado e nos pontos de transbordo, é apresentada na Tabela 4-7.

Com a possibilidade de formar estoques, os pontos de transbordo realizam coletas dos polos produtores mais próximos. Os pontos de transbordo TR 24 – Araguari (MG) e TR 27 - Porto Nacional (TO) já coletam todo o fluxo que será posteriormente entregue. Os pontos de transbordo, que não são capazes de coletar o fluxo que precisam entregar, são favorecidos pelos hubs abertos dentro do Estado de MT e mesmo coletando soja ainda recebem fluxo por rotas intermediárias.

Tabela 4-7. Hubs e capacidade instalada em CM-T - DCDRH

Hubs	Capacidade instalada por nó (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 02 – Alto Guaporé	65,11	
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 05 – Alto Paraguai	33,17	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 11 – Cuiabá	618,22	13.855,72
MI 12 – Jauru	23,71	
MI 13 – Médio Araguaia	98,14	
MI 18 – Rondonópolis	2.311,34	
MI 19 – Rosário Oeste	27,24	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
MI 22 – Tesouro	383,85	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	5.000,00
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

No entanto, a proximidade dos estoques dos pontos consumidores causa a diminuição da quantidade de soja transportada por rotas intermediárias, como mostra a Tabela 4-8.

Tabela 4-8. Rotas intermediárias em CM-T - DCDRH

Hub de origem	Hub de Destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 02	TR 26	186,12
MI 05	MI 18	2,47
MI 05	MI 19	30,69
MI 06	MI 19	187,23
MI 11	MI 18	258,47
MI 11	TR 25	322,57
MI 12	TR 25	23,71
MI 19	TR 25	299,65
MI 21	MI 18	478,70
MI 21	TR 26	273,70

A Figura 4-6 mostra o comportamento dos estoques e entregas realizados pelos hubs. Com os pontos de transbordo abastecido por seus próprios estoques no início do período, a soja que foi estocada nos hubs localizados dentro do Estado é utilizada posteriormente.

Alguns pontos de transbordo, como o TR 27 – Porto Nacional (TO), por exemplo, podem terminar o período de análise com estoque de soja excedente.

Outro fato relevante é observado no comportamento de entrega do TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP), que apesar de não entregar soja continuamente, realiza entregas até o final do período avaliado, comportamento distinto do ocorrido no cenário de CM, Seção 4.3.1.1.

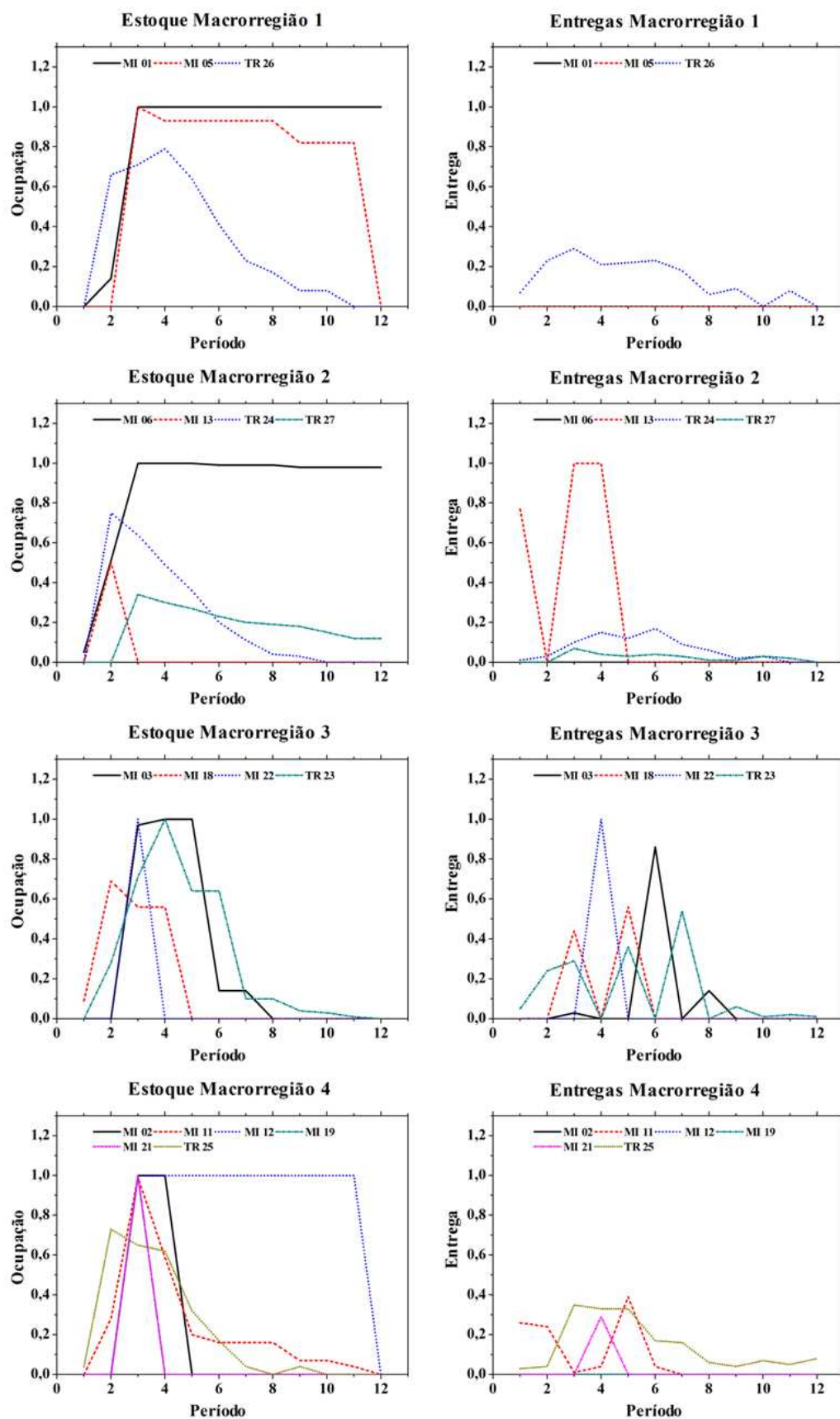


Figura 4-6. Estoques/entregas por macroregião em CM-T - DCDRH

Apesar de realizar entregas com maior constância, o TR 23 realiza entregas de baixa quantidade e para garantir que a demanda seja atendida, há uma participação evidente das entregas diretas realizadas por microrregiões do Estado.

Ao concentrar os hubs numa região, o modelo causa uma maior movimentação do fluxo coletado dos polos produtores e, conseqüentemente, no aumento do custo de coleta. Com uma coleta mais custosa e custos de entregas que não favorecem a consolidação da soja destinada ao Porto de Santos (como observado do cenário CM), o número de micros que realizam entregas diretas ao porto aumenta. Porém, com exceção da MI 18 - Rondonópolis, as microrregiões entregam soja diretamente a Santos, devido à sua localização geográfica e às baixas quantidades transportadas, que não causam impacto no custo de entrega. A Tabela 4-9 mostra as rotas utilizadas para entregar soja aos portos e a quantidade transportada por cada uma.

Tabela 4-9. Rotas de entrega de soja aos portos em CM-T - DCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)
MI 03	PO 32	1.066,10
MI 11	PO 32	612,15
MI 13	PO 32	272,03
MI 18	PO 32	2.315,46
MI 21	PO 32	114,45
MI 22	PO 32	383,85
TR 23	PO 32	1.580,32
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

4.3.1.4 EECM-T

Neste cenário é avaliada a mudança no design de rede causada pela proximidade dos estoques dos pontos consumidores e maior incentivo à economia de escala.

O modelo estabelece para este cenário 16 hubs, removendo o hub da MI 22 - Tesouro instalado no cenário CM-T, mostrado na Figura 4-5. Deste modo, a capacidade total instalada dentro do Estado é reduzida, como mostra a Tabela 4-10.

Semelhante aos cenários anteriores, que consideram o incentivo de economia de escala, as variações são referentes à soja destinada ao Porto de Santos, que foram redirecionadas principal-

mente para o TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) e para MI 18 – Rondonópolis, como mostra a Tabela 4-11.

Tabela 4-10. Hubs e capacidade instalada em EECM-T - DCDRH

Hubs	Capacidade instalada por nó (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 02 – Alto Guaporé	65,11	
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 05 – Alto Paraguai	33,17	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	13.471,87
MI 11 – Cuiabá	618,22	
MI 12 – Jauru	23,71	
MI 13 – Médio Araguaia	98,14	
MI 18 – Rondonópolis	2.311,34	
MI 19 – Rosário Oeste	27,24	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	5.000,00
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

Tabela 4-11. Rotas intermediárias em CM-T - DCDRH

Hub de origem	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 02	TR 26	195,34
MI 03	TR 23	591,84
MI 05	MI 18	33,17
MI 05	TR 23	33,17
MI 06	MI 19	217,92
MI 06	TR 23	353,16
MI 11	TR 23	404,10
MI 11	MI 18	520,02
MI 11	TR 25	420,77
MI 12	TR 26	23,71
MI 12	TR 25	23,71
MI 13	TR 23	279,67
MI 18	TR 23	2.364,26
MI 19	TR 25	299,65
MI 21	TR 26	800,49
MI 21	TR 23	110,52

A Figura 4-7 mostra o comportamento dos estoques e entregas para esta configuração de rede. Ao comparar a Figura 4-7 com a Figura 4-4, que apresenta o comportamento dos estoques e entregas para o cenário EECM, na Seção 4.3.1.2, é possível observar que ao considerar a formação de estoque nos pontos de transbordo, há um aumento no número de microrregiões que realizam entregas diretas ao Porto de Santos.

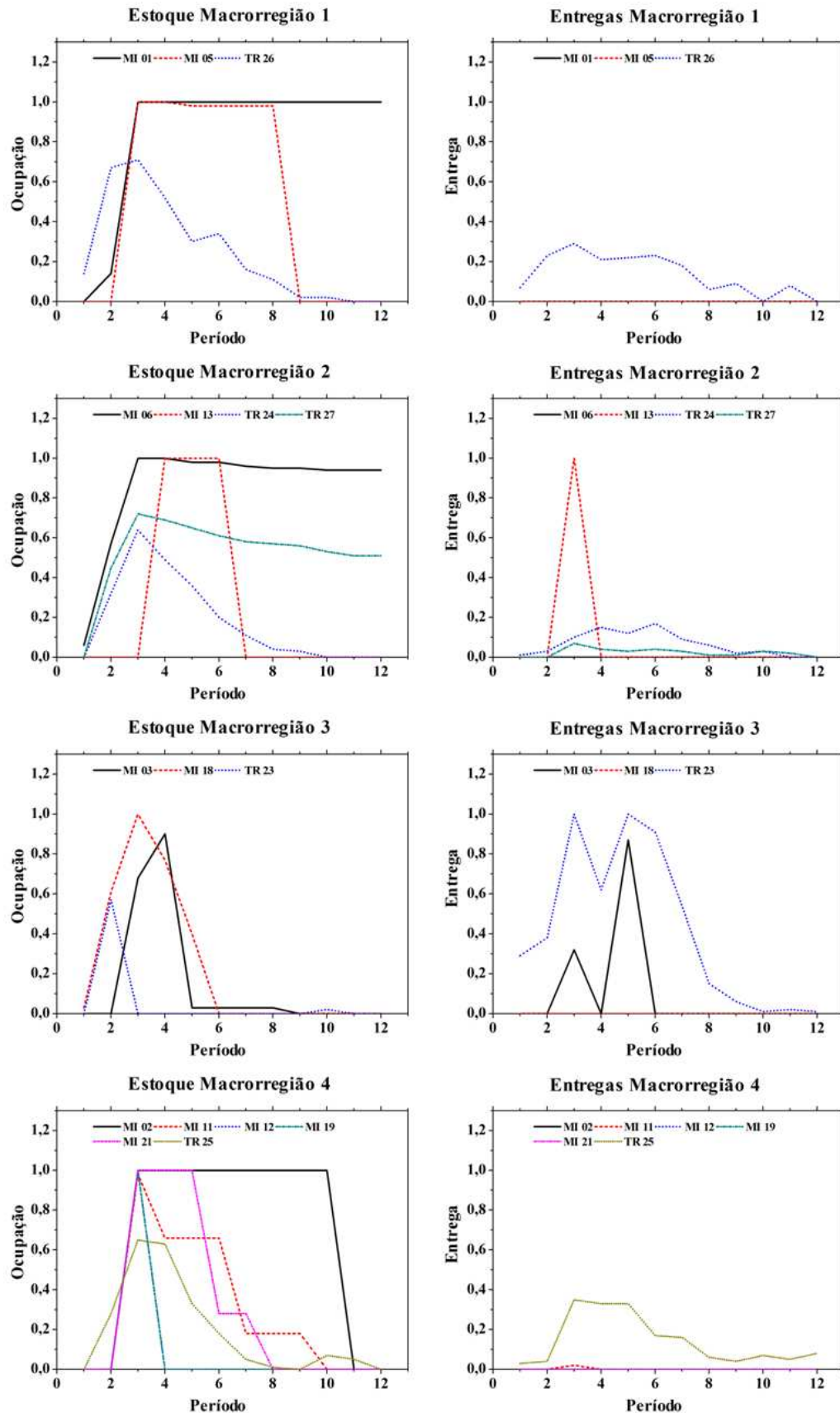


Figura 4-7. Estoques/entregas por macrorregião em EECM-T - DCDRH

Algumas das entregas diretas transportam uma quantidade muito pequena de soja, o que não possibilita sua visualização nos gráficos de entregas por microrregiões, apenas pela Tabela 4-12, que apresenta as rotas de entrega de soja aos portos.

Logo, neste cenário são realizadas entregas diretas pelas MI 06 – Alto Teles Pires, MI 11 - Cuiabá, MI 13 – Médio Araguaia e MI 18 - Rondonópolis. Observando a Figura 4-7 identifica-se que estas entregas ocorrem no 3º período, mesmo período em que o TR 23 – São Simão (GO) / Anhembi (SP) realiza entregas em sua capacidade máxima.

Neste mesmo período, a consolidação poderia ser realizada na MI 03 – Alto Araguaia que possui grande capacidade disponível, o que permite a afirmação que a consolidação pelo Terminal de Alto Araguaia (MI 03), mesmo com grande incentivo de economia de escala, não é financeiramente vantajosa para a soja que tem que ser redirecionada dentro do Estado, mesmo para quantidades ínfimas como a entregue pela MI 06, como mostra a Tabela 4-12.

Tabela 4-12. Rotas de entrega de soja aos portos em EECM-T – DCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)
MI 03	PO 32	1.227,54
MI 06	PO 32	0,99
MI 11	PO 32	14,82
MI 13	PO 32	98,14
MI 18	PO 32	4,57
TR 23	PO 32	4.998,30
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

4.3.2 ANÁLISE DE 3 ANOS

A análise do modelo DCDRH para três anos tem por objetivo avaliar o comportamento da rede frente as mudanças na quantidade produzida, demandada e variações de custo de transporte que ocorrem durante as diferentes safras.

Além disso, o fato do modelo não incluir o consumo interno do país causa um excedente de soja nos estoque, e conseqüentemente, ao decorrer dos anos, uma saturação na rede que não reflete o excedente real de estoque. No entanto, a apresentação da rede saturada vem da necessi-

dade de tentar analisar o problema do déficit de armazenagem existente no Estado, e que não pode ser observado quando se considera que os fluxos de produção e exportação estão balanceados. Assim, os cenários CM, EECM, CM-T e EECM-T são avaliados, numa situação fictícia de saturação da rede.

Os resultados gerais obtidos para os cenários CM, EECM, CM-T e EECM-T são apresentados na Tabela 4-13. Na primeira coluna é especificado o cenário analisado, em seguida, o número de hubs abertos - H, o custo total - CTotal, o custo de coleta - CColeta, o custo de entrega - CEntrega, o custo de movimentação da carga entre os hubs - CHub, o custo total de transporte - CTransporte (onde, CTransporte = CColeta+ CEntrega + CHub), o custo de abertura - CAbertura, o custo de estoque – CEstoque, o tempo em segundos e o GAP da solução obtida.

Tabela 4-13. Resultados gerais para 3 anos para o modelo DCDRH

Cenário	H	CTotal (milhões US\$)	CColeta (milhões US\$)	CEntrega (milhões US\$)	CHubs (milhões US\$)	CTransporte (milhões US\$)	CAbertura (milhões US\$)	CEstoque (milhões US\$)	Tempo (s)	GAP (%)
CM	27	51.768,60x10 ⁶	1.361,40	44.499,64x10 ⁶	439,04	-	1.506,66	7.268,99x10 ⁶	0,73	0,00
EECM	27	51.768,60x10 ⁶	1.250,51	44.499,64x10 ⁶	1.167,02	-	1.506,66	7.268,99x10 ⁶	0,89	0,00
CM-T	23	8.085,63	1.622,55	1.634,49	102,67	3,359,72	1.391,74	3.342,64	2,07	0,02
EECM-T	23	7.972,54	1.393,17	1.096,63	945,25	3,435,05	1.391,74	3.342,64	3,04	0,00

Considerando que o modelo não define como infactível o armazenamento de soja em locais não permitidos nos cenários CM e EECM, ou rotas não existentes, foi aplicada uma penalização no valor de US\$100 bilhões para impedir esta infactibilidade. No entanto, o acúmulo de soja excedente das safras, causa uma superlotação nos hubs prejudicando o armazenamento e, consequentemente, o transporte da soja pelas rotas. Com a safra retida em pontos distantes dos portos, onde a demanda deve ser obrigatoriamente atendida, a soja é forçada a ser transportada e armazenada por rotas infactíveis.

Como resultado desta movimentação, os cenários de CM e EECM são penalizados no armazenamento e na entrega, como observado na Tabela 4-12. Esta penalização inviabiliza a comparação de custos da rede.

4.3.2.1 CM

Como mencionado anteriormente, a saturação dos estoques no decorrer dos anos ocasiona a abertura de hubs em todas as microrregiões. Deste modo, a capacidade total de armazenagem instalada dentro do Estado é de pouco mais de 29 milhões de toneladas, além das 5 milhões de toneladas instaladas nos pontos de transbordo.

Apesar da saturação causada pelo acúmulo de excedente de soja, neste cenário é possível observar as mudanças na utilização das rotas, na utilização de estoques e na distribuição do fluxo devido à quantidade produzida e demandada em cada ano.

Analisando a utilização das rotas intermediárias utilizadas desde 2010 a 2012 observa-se uma mudança no comportamento do fluxo através da rede, como mostra a Tabela 4-14.

Tabela 4-14. Rotas intermediárias utilizadas por ano em CM - DCDRH

Hub de origem	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 02	TR 26	65,11	130,75	121,01
MI 03	TR 24	445,11	0,00	0,00
MI 04	TR 26	0,00	0,00	28,05
MI 05	MI 19	3,15	33,17	33,17
MI 05	TR 26	30,01	0,00	0,00
MI 08	TR 26	469,16	469,16	469,16
MI 09	TR 27	0,00	0,00	178,39
MI 11	TR 25	618,22	618,22	618,22
MI 12	TR 26	23,71	23,71	23,71
MI 13	TR 24	98,14	98,14	98,14
MI 15	TR 25	0,00	0,00	440,20
MI 16	TR 26	184,09	0,00	0,00
MI 16	MI 02	0,00	65,64	0,00
MI 16	MI 19	0,00	32,16	0,00
MI 17	TR 24	0,00	441,59	7,16
MI 19	TR 25	30,39	113,22	112,39
MI 20	TR 27	92,52	147,17	0,00
MI 21	TR 26	388,15	388,15	388,15
MI 21	MI 18	0,00	388,15	481,20
MI 22	TR 24	0,00	0,00	383,85

Algumas rotas utilizadas em cenários anteriores, que correspondem às rotas de menor custo de transporte, como é o caso da MI 02 – Alto Guaporé para TR 26 – Porto Velho (RO), são utilizadas em todos os anos. Já algumas das rotas são utilizadas em momentos específicos, como é o caso da rota MI 03 – Alto Araguaia para TR 24 – Araguari (MG), que é utilizada apenas no ano de 2010.

A utilização destas rotas não usuais é motivada: (1) pela necessidade futura de utilização dos hubs - o estoque de um hub tem que ser esvaziado para que nos períodos futuros esta capacidade esteja disponível; (2) pela obrigatoriedade de atender a demanda - o estoque de um hub é utilizado para que o atendimento da demanda seja garantido, diante da impossibilidade desta demanda ser atendida por rotas usualmente utilizadas; (3) pela falta de capacidade de armazenamento e, conseqüentemente, redirecionamento da soja.

Para compreender a necessidade de transporte de soja em cada ano, observe a Figura 4-8.

Ainda considerando o exemplo de rota não usual utilizada da MI 03 – Alto Araguaia para TR 24 - Araguari (MG), nota-se que, no ano de 2010, há estoques na MI 09 – Canarana, utilizada para abastecer o TR 24 nos cenários CM e EECM para um ano (Seções 4.3.1.1 e 4.3.1.2, respectivamente).

Porém, o estoque da MI 03, que normalmente é necessário para garantir o atendimento da demanda do Porto de Santos, não foi necessário no ano de 2010, e a rota MI 03 – TR 24 é financeiramente mais vantajosa que a rota MI 09 – TR 24. Já nos anos de 2011 e 2012, a MI 03 está dedicada a atender o Porto de Santos e a TR 24 passa a ser abastecida por outras microrregiões.

No início da safra de 2012 há um déficit de armazenagem, que o modelo matemático traduz através de aplicação de penalizações.

Já no 26º período, que corresponde a Fevereiro de 2012, 10 dos 22 hubs localizados dentro do Estado estão com seus estoques cheios, como é o caso dos hubs localizados na: MI 01 – Alta Floresta e MI 07 – Arinos, na Macrorregião 1; MI 15 – Paranatinga, na Macrorregião 2; MI 17 – Primavera do Leste e MI 22 – Tesouro, na Macrorregião 3; e MI 02 – Alto Guaporé, MI 04 – Alto Pantanal, MI 11 - Cuiabá e MI 12 – Jauru, na Macrorregião 4.

Observe que a maioria dos hubs que estão inutilizados para estoque no 27º período estão localizados na Macrorregião 2, e entre eles hubs importantes como a MI 02 e MI 11 que normalmente abastecem o TR 26 – Porto Velho (RO) e o TR 25 – Maringá, respectivamente. Além disso, hubs localizados nas outras macrorregiões, com significativa capacidade de armazenamento, também no máximo de sua capacidade comprometendo a capacidade de armazenamento da macrorregião.

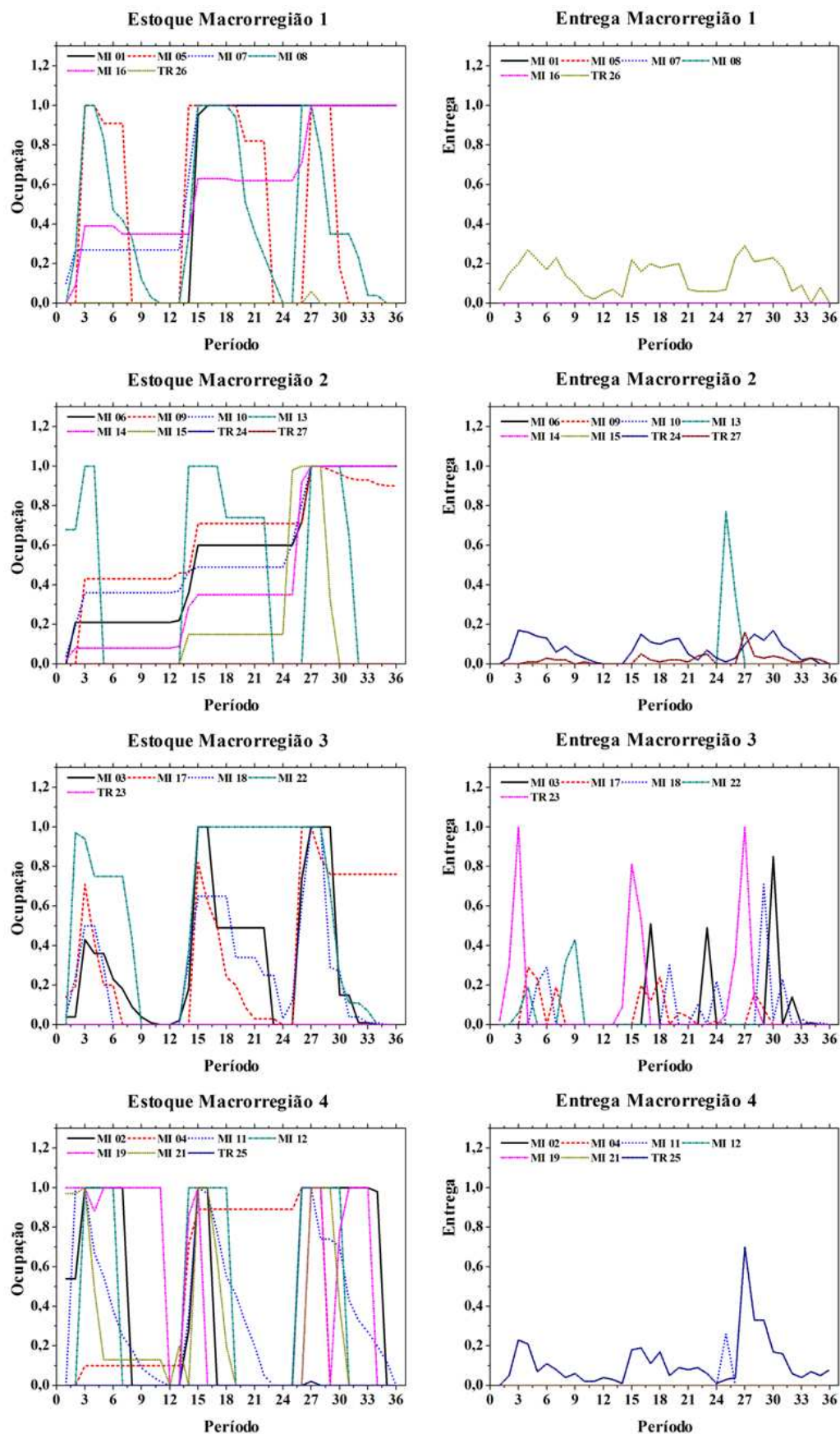


Figura 4-8. Estoques/entregas por macroregião em CM - DCDRH

Deste modo, quando é realizada a colheita do 27º período, não há espaço suficiente para armazenar a soja excedente, principalmente na Macrorregião 4, e esta superlotação é traduzida no gráfico de estoque das macrorregiões 01 e 04 da Figura 4-8, respectivamente no hub do TR 25 – Maringá (PR) e do TR 26 – Porto Velho (RO), onde os pontos de transbordo que apresentam uma pequena formação de estoque, que corresponde a pouco mais de 16 mil toneladas e 56 mil toneladas, respectivamente.

Na tentativa de evitar esta formação de estoque nos pontos de transbordo, o modelo tenta redirecionar este excesso de fluxo para o Porto de Santos, mas a falta de capacidade de manusear a soja redirecionada (Eq. 14) impede que o fluxo seja transportado por dentro do Estado, usando rotas existentes. Deste modo, a soja é enviada do TR 25 – Maringá (PR) e do TR 27 – Porto Nacional (TO) para o Porto de Santos e o cenário também é penalizado pela utilização de rotas inexistentes, como mostra a Tabela 4-15.

Tabela 4-15. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em CM - DCDRH

Hubs	Portos	Quantidade entregue (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 03	PO 32	0,00	1.033,70	1,033,70
MI 11	PO 32	0,00	0,00	161,36
MI 13	PO 32	0,00	0,00	109,71
MI 17	PO 32	2.245,06	2.156,48	759,79
MI 18	PO 32	1.161,72	1.427,69	2.311,34
MI 22	PO 32	383,85	0,00	0,00
TR 23	PO 32	1.311,79	1.430,51	1.523,46
TR 24	PO 31	867,58	859,40	782,96
TR 25	PO 33	613,26	839,10	1.249,30
TR 25	PO 34	314,60	229,55	450,83
TR 25	PO 32	0,00	0,00	349,42
TR 26	PO 28	1.151,80	985,63	1.125,31
TR 26	PO 29	504,31	513,45	528,11
TR 27	PO 30	100,76	197,99	282,37
TR 27	PO 32	0,00	0,00	95,57

No 28º período, correspondente ao mês de Abril, ainda é período da colheita de soja, porém a safra está no seu final e pouca quantidade a ser coletada. Como os hubs estão no limite da sua capacidade, toda a soja é coletada pelos pontos de transbordo e, posteriormente entregue aos portos. Para que a demanda seja atendida os estoques de dentro do Estado são utilizados para complementar a quantidade requerida pelos portos. Sendo assim, os estoques formados no período anterior nos pontos de transbordo são desfeitos.

Ainda como consequência da superlotação dos hubs, um maior número de hubs são utilizados para entregar soja ao Porto de Santos. Assim, em 2010 o Porto de Santos é abastecido pelas

micros, MI 17 – Primavera do Leste, MI 18 - Rondonópolis e MI 22 - Tesouro e pelo ponto de transbordo TR 23. Já em 2011, com o aumento de 1 milhão de toneladas das exportações pelo Porto de Santos (dados da Tabela 2-3), se torna necessário a inclusão da MI 03 – Alto Araguaia para que a demanda seja atendida. Em 2012, com aumento de 300 mil toneladas as MI 11 – Cuiabá e MI 13 – Médio Araguaia também são utilizadas para abastecer o Porto de Santos.

4.3.2.2 EECM

Apesar do incentivo de economia de escala influenciar o comportamento dos estoques, ele não resolve o problema de saturação da rede causado pelo excedente de fluxo. Desde modo, em todas as 22 microrregiões e os cinco pontos de transbordo são instalados hubs, como no cenário anterior, Seção 4.3.2.1.

Similar ao comportamento das rotas intermediárias dos cenários com economia de escala, os hubs localizados na Macrorregião 3 são financeiramente incentivados a enviar seu fluxo ao TR 23 – São Simão (GO)/Anhembí (SP), para posteriormente ser entregue ao Porto de Santos.

Deste modo, no ano de 2010, a MI 03 – Alto Araguaia trabalha na sua máxima capacidade e as rotas não usuais observadas no cenário de CM, Seção 4.3.2.1, não são identificadas neste cenário, como mostra a Tabela 4-16.

Ao observar o comportamento dos hubs nos gráficos de estoques e entregas, na Figura 4-9, é possível descrever comportamentos já apresentados, como o caso da Macrorregião 3 no 5º período, onde há entregas diretas para o Porto de Santos, MI 18 – Rondonópolis, quando há capacidade disponível na MI 03 para realizar a entrega. Em 2011 há um maior fluxo proveniente da MI 17 que é totalmente redirecionado para o TR 23, obrigando a MI 03 a entregar parte do seu fluxo por ferrovia para o Porto de Santos.

E em 2012, no 27º período, ocorre a saturação dos estoques e penalização do armazenamento nos pontos de transbordo TR 25 e TR 26, nas macrorregiões 4 e 1, respectivamente, como explicado no cenário anterior, Seção 4.3.2.1.

No entanto, há uma mudança na entrega da soja, pois há uma maior capacidade de coleta na Macrorregião 4, que conta com parte da capacidade da MI 11 – Cuiabá, e uma menor capacidade na Macrorregião 3, pois a MI 03 – Alto Araguaia já está totalmente ocupada por estoque.

Assim, o fluxo excedente se concentra na Macrorregião 4 e a rota de entrega penalizada é do TR 25 – Maringá para Santos, como mostra a Tabela 4-17.

Tabela 4-16. Rotas intermediárias utilizadas por ano em EECM- DCDRH

Hub de origem	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 02	TR 26	103,63	130,23	125,61
MI 03	TR 23	1.033,70	856,73	132,61
MI 04	TR 23	28,05	0,00	0,00
MI 04	TR 26	0,00	0,00	28,05
MI 05	MI 19	33,17	33,17	33,17
MI 06	MI 19	0,00	162,53	71,94
MI 07	TR 26	254,74	173,85	0,00
MI 08	TR 26	469,16	469,16	469,16
MI 09	TR 27	0,00	0,00	178,39
MI 11	TR 23	618,63	208,82	469,60
MI 11	TR 25	0,00	567,95	618,22
MI 12	TR 26	23,71	23,71	23,71
MI 13	TR 23	111,10	253,15	181,52
MI 13	TR 24	98,14	98,14	98,14
MI 14	TR 24	15,03	111,26	0,00
MI 15	TR 25	0,00	0,00	440,20
MI 17	TR 24	255,00	416,25	7,16
MI 17	TR 23	154,91	2.624,79	687,85
MI 18	TR 23	1.736,20	1.363,74	2.311,34
MI 19	TR 25	114,89	284,33	185,00
MI 20	TR 25	577,02	0,00	0,00
MI 20	TR 27	91,66	147,17	0,00
MI 21	MI 18	771,38	388,15	436,43
MI 21	TR 26	388,15	390,37	388,15
MI 22	TR 24	192,38	0,00	383,85

Ao contrário do que foi observado no cenário anterior (Seção 4.3.2.1), neste cenário as entregas realizadas ao Porto de Santos para os 3 anos analisados, ficam concentradas no TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP).

Tabela 4-17. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM - DCDRH

Hubs	Portos	Quantidade entregue (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 03	PO 32	0,00	176,96	901,08
MI 18	PO 32	219,41	0,00	0,00
TR 23	PO 32	4.883,01	5.871,42	4.998,30
TR 24	PO 31	867,58	859,40	782,96
TR 25	PO 33	613,26	839,10	1.249,30
TR 25	PO 34	314,60	229,55	450,83
TR 25	PO 32	0,00	0,00	444,99
TR 26	PO 28	1.151,80	985,63	1.125,31
TR 26	PO 29	504,31	513,45	528,11
TR 27	PO 30	100,76	197,99	282,37

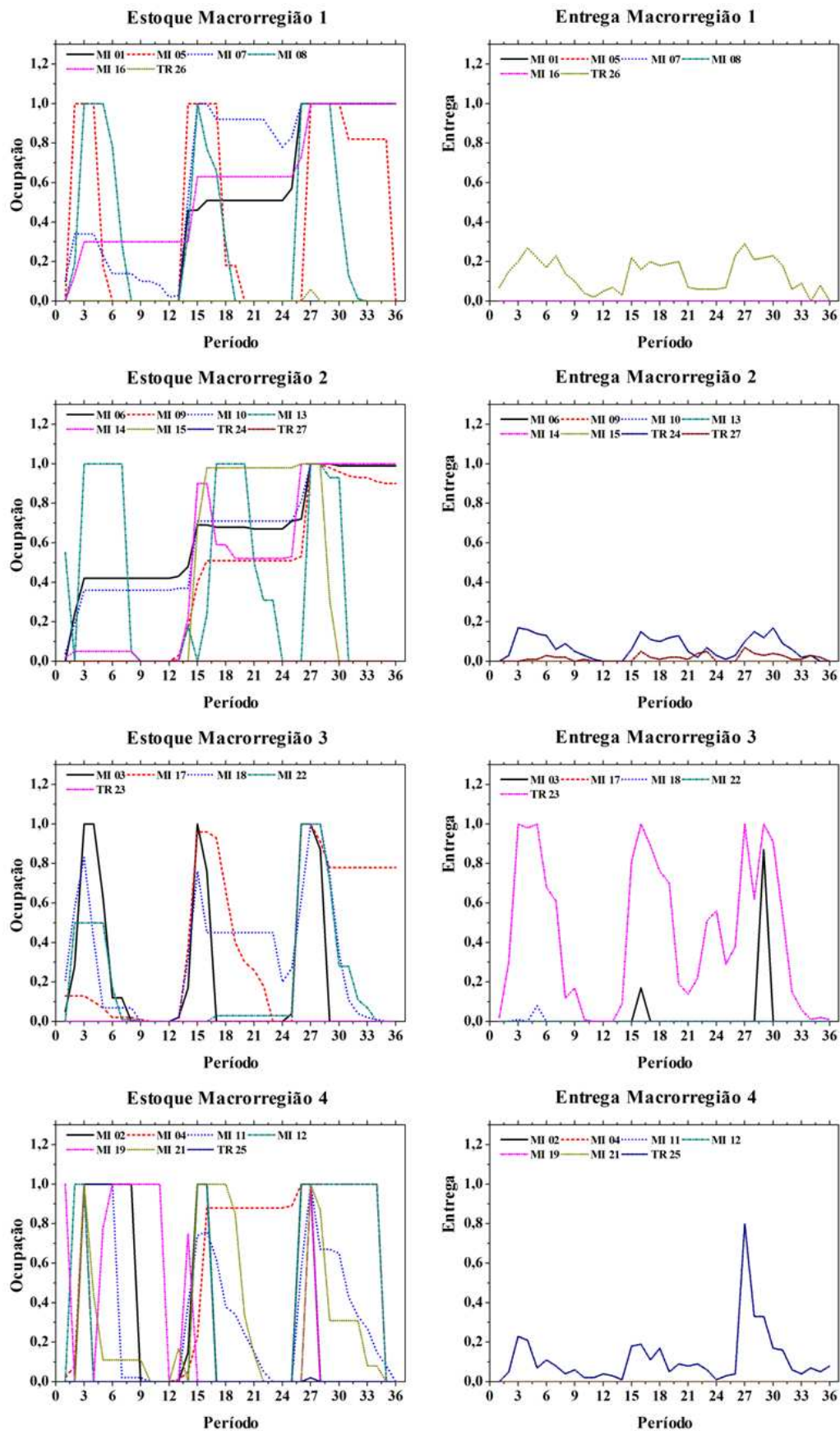


Figura 4-9. Estoques/entregas por macrorregião em EECM- DCDRH

4.3.2.3 CM-T

Ao contrário dos cenários CM e EECM (Seções 4.3.2.1 e 4.3.2.2, respectivamente), o cenário CM-T não sente o efeito de saturação da rede por estoque e rotas inefectivas, já que este permite o armazenamento da soja nos pontos de transbordo.

Deste modo, o modelo DCDRH instala um número menor de hubs dentro do Estado, não instalando hubs na MI 04, MI 09, MI 15 e MI 22, como mostra a Figura 4-10.

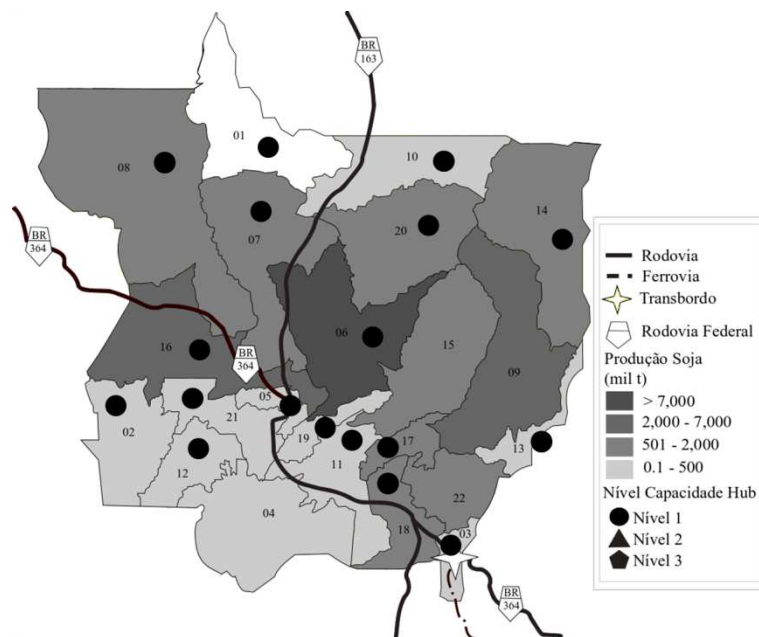


Figura 4-10. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DCDRH

Mesmo com a diminuição do número de hubs dentro do Estado, o cenário tem no total uma capacidade de armazenamento maior do que a capacidade dos cenários de CM e EECM (Seções 4.3.2.1 e 4.3.2.2, respectivamente), como mostra a Tabela 4-18.

A possibilidade de realizar estoques permite que os pontos de transbordo realizem coletas de modo mais intensivo do que era realizado nos cenários anteriores, minimizando assim, a necessidade de transporte entre hubs.

Mas, a coleta da soja pelos pontos de transbordo causa um aumento no custo de coleta, já que a soja é transportada por um trecho maior do polo produtor até o hub localizado no ponto de transbordo. Assim, a quantidade de fluxo transportada por rotas intermediárias é menor e tem como destino o TR 25 – Maringá (PR), que financeiramente favorece a consolidação, e TR 26 –

Porto Velho (RO), que é caminho obrigatório para soja chegar ao Porto de Manaus e de Santa-rém, como mostra a Tabela 4-19.

Tabela 4-18. Hubs e capacidades instaladas em CM-T - DCDRH

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 02 – Alto Guaporé	65,11	
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 05 – Alto Paraguai	33,17	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 07 – Arinos	776,94	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 10 – Colíder	246,67	
MI 11 – Cuiabá	618,22	
MI 12 – Jauru	23,71	25.927,64
MI 13 – Médio Araguaia	98,14	
MI 14 – Norte Araguaia	296,83	
MI 16 – Parecis	5.265,51	
MI 17 – Primavera do Leste	3.152,18	
MI 18 – Rondonópolis	2.311,34	
MI 19 – Rosário Oeste	27,24	
MI 20 – Sinop	2.248,45	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1,000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1,000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1,000,00	5.000,00
TR 26 – Porto Velho (RO)	1,000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1,000,00	

Tabela 4-19. Rotas intermediárias utilizadas por ano em CM-T - DCDRH

Hub de origem	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 02	TR 26	65,11	130,23	195,34
MI 08	TR 26	0,00	0,00	258,77
MI 11	TR 25	0,00	0,00	530,17
MI 19	TR 25	81,72	27,24	81,72
MI 21	TR 26	326,23	137,12	0,00

Na Figura 4-11 observa-se o comportamento dos estoques e entregas por macrorregião, em especial, o comportamento dos estoques nos pontos de transbordo.

Inicialmente, destaca-se o fato de que os estoques não atingem o limite máximo nos pontos de transbordo, isso ocorre para que haja capacidade disponível para manusear a soja, conforme imposto pela Eq. (14).

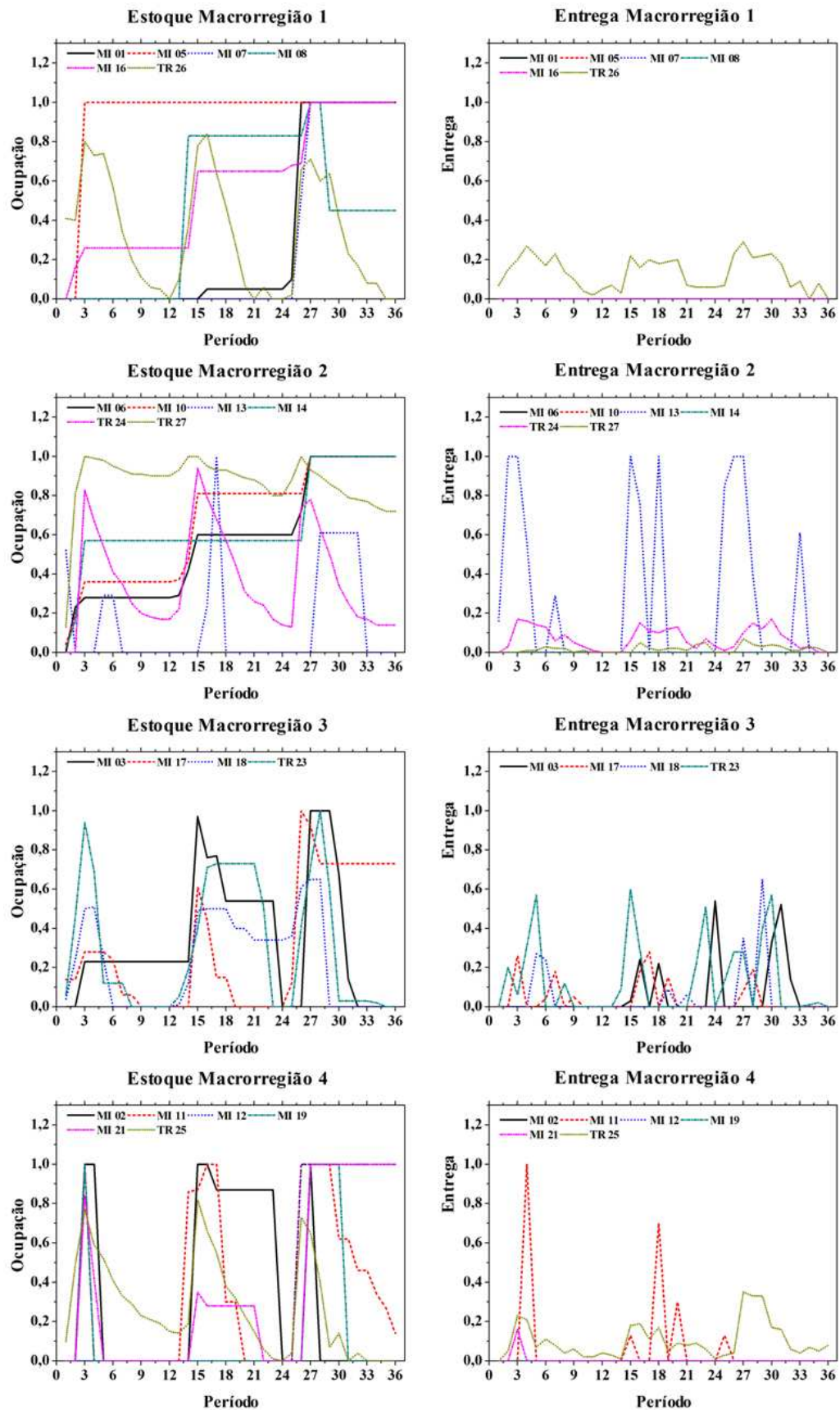


Figura 4-11. Estoques/entregas por macroregião em CM-T - DCDRH

No entanto, há uma exceção no TR 27 – Porto Nacional (TO) na Macrorregião 2, que no pico da safra, coleta soja até atingir seu limite máximo e esta é transportada ao porto nos períodos seguintes. Este comportamento é viável devido à baixa quantidade demandada pelo Porto de São Luís, que por período é bem inferior à capacidade do transbordo, e porque o TR 27 atende apenas a este porto.

Além da observação do comportamento dos estoques nos pontos de transbordo, é possível evidenciar que os custos de consolidação praticados não favorecem o transporte consolidado para o Porto de Santos. A MI 13 – Médio Araguaia, na Macrorregião 2, realiza um grande número de entregas e em grande quantidade para o Porto de Santos, mesmo com capacidade disponível para entrega nos hubs do TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) e MI 03 – Alto Araguaia, os principais pontos de consolidação para Santos. Outras microrregiões como MI 11 - Cuiabá, MI 17 – Primavera do Leste, MI 18 – Rondonópolis e MI 21 – Tangará da Serra também transportam soja para Santos através de rodovias, sendo que a MI 17 e MI 18 realizam entregas em grandes quantidades no decorrer dos três anos, como mostra a Tabela 4-20.

Tabela 4-20. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em CM-T - DCDRH

Hubs	Portos	Quantidade entregue (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 03	PO 32	0,00	1.073,77	1.033,70
MI 11	PO 32	618,22	697,32	80,69
MI 13	PO 32	295,42	271,26	377,81
MI 17	PO 32	1.692,44	1.938,33	845,41
MI 18	PO 32	1.171,92	355,82	2.311,35
MI 21	PO 32	61,92	0,00	0,00
TR 23	PO 32	1.262,48	1.711,86	1.695,41
TR 24	PO 31	867,58	859,40	782,96
TR 25	PO 33	613,26	839,10	1.249,30
TR 25	PO 34	314,60	229,55	450,83
TR 26	PO 28	1.151,80	985,63	1.125,31
TR 26	PO 29	504,31	513,45	528,11
TR 27	PO 30	100,76	197,99	282,37

4.3.2.4 EECM-T

A saturação da rede causa uma inflexibilidade na escolha de hubs devido ao *trade-off* de capacidade instalada necessária e custo de abertura de hubs. Assim, os hubs instalados neste ce-

nário são os mesmos instalados no cenário anterior (ver Figura 4-10), assim como, a capacidade total instalada.

De acordo com a Tabela 4-21, os resultados do incentivo à economia de escala são similares, e há uma maior consolidação de soja no TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP), principalmente da soja proveniente das MI 17 – Primavera do Leste e MI 18 – Rondonópolis, que no cenário anterior CM-T (Seção 4.3.2.3), realizam a entrega de grandes quantidades de soja por rodovia.

Pela Figura 4-12, observa-se também que o TR 23 realiza estoques menores para que haja capacidade disponível para receber o fluxo a ele redirecionado. Já a MI 03 permite estoque máximo nos períodos de pico da safra, no entanto, realiza poucas entregas, e não há fluxo redirecionado a esta microrregião, que também atua como ponto de consolidação. O comportamento dos estoques nos demais TR's é semelhante ao do cenário de CM-T.

Mas, ao contrário do observado para cenários com incentivo de economia de escala no caso com saturação, entregas diretas ainda são realizadas para o Porto de Santos. Estas entregas são realizadas em maior quantidade pela MI 13 – Médio Araguaia em 2010 e 2012, como mostra a Tabela 4-22.

Tabela 4-21. Rotas intermediárias utilizadas por ano EECM-T - DCDRH

Hub de origem	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 02	TR 26	231,03	260,46	195,34
MI 03	TR 23	892,96	1.000,08	403,52
MI 05	TR 23	33,17	0,00	0,00
MI 08	TR 26	0,00	0,00	265,52
MI 11	TR 23	1.000,78	618,22	310,48
MI 11	TR 25	0,00	0,00	564,21
MI 12	TR 25	0,00	23,71	47,42
MI 13	TR 23	224,61	421,89	279,67
MI 17	TR 23	872,26	1.127,15	1.877,16
MI 18	TR 23	1.080,35	923,65	2.311,34
MI 19	TR 25	108,96	139,61	136,20
MI 21	TR 26	943,31	689,37	584,53
MI 21	TR 23	21,61	0,00	0,00
MI 21	MI 19	0,00	30,65	54,48

A análise conjunta da Tabela 4-22 e da Figura 4-12 mostra que as entregas diretas foram realizadas por falta de capacidade do TR 23 – São Simão (GO) /Anhembi (SP) de receber este fluxo, pois o ponto de transbordo já estava trabalhando no limite máximo de sua capacidade.

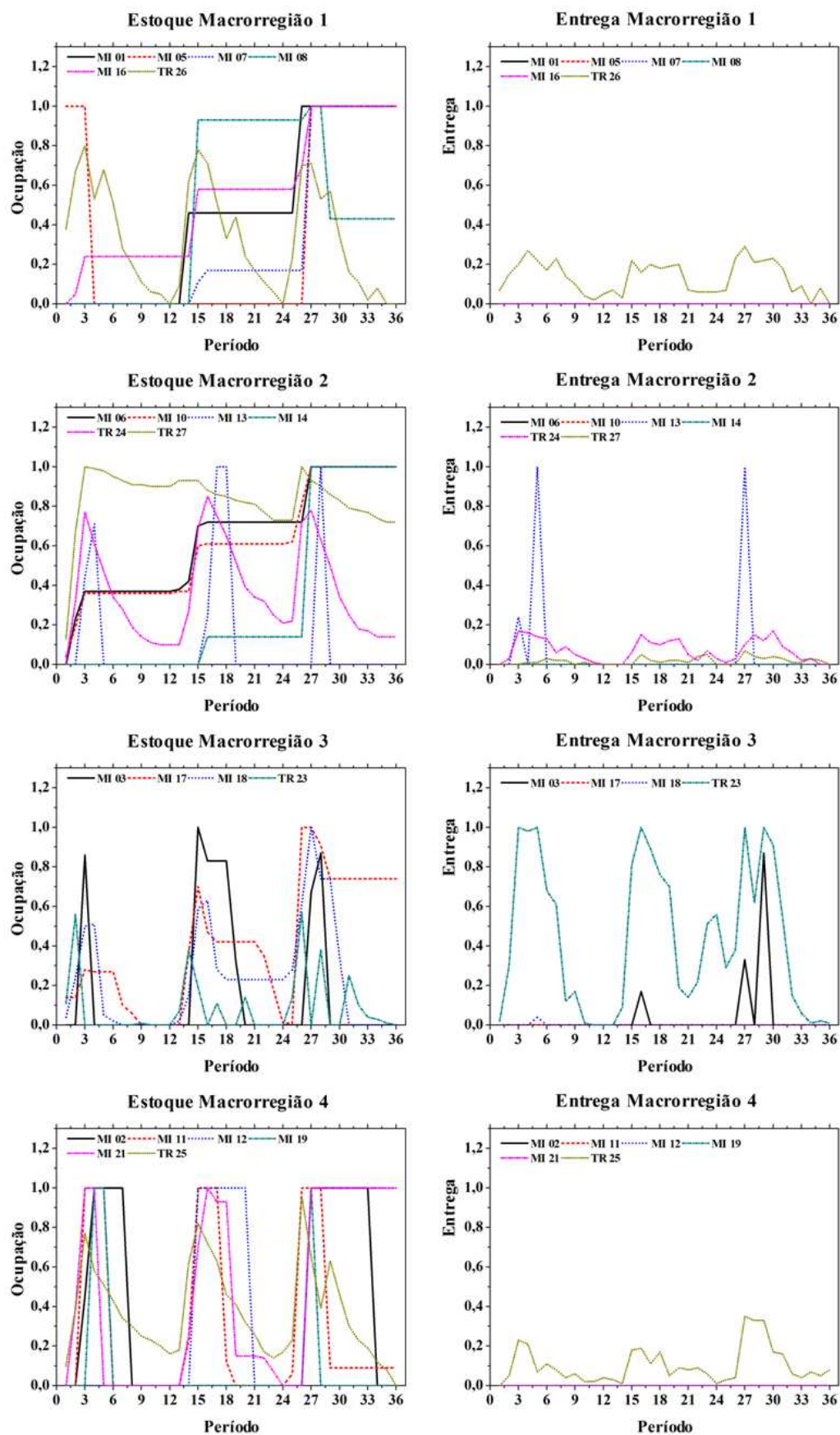


Figura 4-12. Estoques/entregas por macroregião em EECM-T - DCDRH

Tabela 4-22. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM-T - DCDRH

Hubs	Portos	Quantidade entregue (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 03	PO 32	0,00	176,96	1.239,65
MI 13	PO 32	121,43	0,00	98,14
MI 17	PO 32	0,00	0,00	6,65
MI 18	PO 32	97,98	0,00	1,63
TR 23	PO 32	4.883,01	5.871,42	4.998,30
TR 24	PO 31	867,58	859,40	782,96
TR 25	PO 33	613,26	839,10	1.249,30
TR 25	PO 34	314,60	229,55	450,83
TR 26	PO 28	1.151,80	985,63	1.125,31
TR 26	PO 29	504,31	513,45	528,11
TR 27	PO 30	100,76	197,99	282,37

4.4 CONCLUSÃO

Este capítulo foi desenvolvido com o objetivo de adequar o modelo do Capítulo 3, denominado de DRH, para o problema de commodities sujeitas à sazonalidade e/ou onde o armazenamento e transporte são fatores essenciais para a competitividade.

Considerando o problema da cadeia de exportação da soja brasileira, o modelo desenvolvido considerou características específicas como: (1) limitação da quantidade de fluxo coletada e recebida por um hub - aproximando o modelo da realidade da capacidade de recebimento, manuseio e expedição de um ponto; (2) permitiu a instalação de facilidades capazes de consolidar, redirecionar e armazenar o fluxo; e (3) estendeu o modelo para análise da cadeia ao longo do tempo – modelo dinâmico ou multiperíodo.

Para o modelo DCDRH foram realizados dois tipos de análise, primeiro considerando o horizonte de tempo de um ano ou 12 meses e, segundo, considerando o horizonte de tempo de três anos ou 36 meses.

A análise de um ano avaliou quais os comportamentos da rede foram mantidos ou modificados com a extensão do modelo, uma comparação entre o modelo DRH do Capítulo 3 e o modelo apresentado neste capítulo.

Já a análise de três anos visou analisar o comportamento da rede diante das mudanças no custo de transporte, na quantidade produzida e demandada, e na saturação dos pontos de armazenamentos ao decorrer dos anos. Para isso, foi considerado o acúmulo do excedente de soja das safras de 2010, 2011 e 2012.

A saturação causada pelo excedente de soja tenta recriar a situação atual dos estoques no Estado do MT, onde a capacidade de armazenamento é insuficiente para atender à safra de soja e milho, que compartilham a mesma infraestrutura.

De acordo com os resultados obtidos para um ano, foi identificada uma mudança significativa no comportamento do fluxo quando comparado com os resultados do modelo DRH do Capítulo 3, especificamente, para os cenários de CM e EECM, onde os fluxos obtiveram maior aproveitamento das vantagens oferecidas pelo redirecionamento/consolidação e, deste modo, o modelo passou a beneficiar também os portos de Santos, Manaus, Santarém, São Luís e Vitória no momento da entrega.

A comparação direta entre os dois cenários permite afirmar que há necessidade de melhorar o transporte da soja destinada ao Porto de Santos, pois, as melhorias de transporte, simuladas pelo incentivo na economia de escala, permitiriam que a maior parte da soja fosse entregue pelos pontos de consolidação. Logo, a capacidade atual dos pontos de transbordo é suficiente para tratar o fluxo, no entanto, seus custos não são financeiramente atrativos.

A análise de sensibilidade realizada para avaliar a mudança da rede com a aproximação dos pontos de armazenamento dos pontos de consumo mostrou que esta estratégia beneficia a rede, não apenas por utilizar um número menor de hubs dentro do Estado, mas porque os custos de transporte são beneficiados por se manterem ou apresentarem redução.

Já a análise de três anos mostra o comportamento da rede quando ela opera com saturação dos estoques, onde o resultado inicialmente verificado é um espalhamento dos pontos de estoque pelo Estado.

Em todos os cenários avaliados, é possível verificar mudanças na utilização das rotas intermediárias ao longo dos anos. Estas mudanças são influenciadas por dois fatores: (1) a falta de capacidade dos hubs devido ao acúmulo de soja, e (2) as mudanças ocorridas ao longo dos anos relacionadas às quantidades produzidas e demandadas.

Ao comparar as rotas praticadas na análise de um ano e de três anos são identificadas semelhanças quanto ao transporte do fluxo.

No entanto, a conclusão principal da análise de três anos é que, quando a capacidade de operação não é suficiente ou está operando no seu limite, os benefícios do planejamento da rede são perdidos. Isto acontece porque: (1) a dispersão do fluxo pelo Estado e superlotação dos pontos de redirecionamento/consolidação impedem que esta soja seja transportada pelos comboios e,

consequentemente, há um aumento no custo de transporte, e (2) mesmo não sendo o foco deste trabalho realizar penalizações por falta de capacidade de armazenamento, observou-se que estas penalizações foram aplicadas e elas refletem a utilização atual de estoque em trânsito, que é responsável por onerar os custos de transporte.

CAPÍTULO 5 . O MODELO DINÂMICO COM MÚLTIPLOS NÍVEIS DE CAPACIDADE DE DESIGN DE REDE DE HUBS

5.1 INTRODUÇÃO

A cadeia de exportação da soja é influenciada pela capacidade de operação dos hubs/armazéns/portos. Estas capacidades têm um impacto determinante sobre localização, decisões de roteamento, e, assim, sobre os custos de transporte em geral.

Normalmente, não são realizadas considerações sobre o impacto causado na rede pelas capacidades, mas neste Capítulo elas são consideradas como parte do processo de decisão.

A determinação da capacidade com que cada hub deve operar também contribui para identificar os pontos estratégicos para expansão, e direciona futuros investimentos.

5.2 MODELO MATEMÁTICO

O modelo dinâmico com múltiplos níveis de capacidade de design de rede de hubs (DNCDRH) inclui as características apresentadas pelo modelo DCDRH do Capítulo 4, além de permitir que o modelo decida com qual capacidade o hub deve operar.

Similar ao modelo anterior: seja $\mathcal{G} = (\mathcal{N}, \mathcal{A})$ um grafo completo, onde $\mathcal{N} = \{1, 2, \dots, n\}$ o conjunto de nós e $\mathcal{A}$ o conjunto de arcos do problema. Γ_{ks} - capacidade s disponível para instalação no nó k , c_{ij}^t - custo de utilização do arco (i, j) no período t , F_{ks} - custo fixo para abertura de um hub em k com capacidade s , O_i^t - quantidade demandada do nó i no período t , D_j^t - quantidade consumida pelo nó j no período t , γ_k^t - custo de armazenamento por unidade de fluxo no hub k no período t e α - fator de desconto obtido pela economia de escala. As variáveis de decisão do problema são: X_{ik}^t - a quantidade de fluxo coletada do nó i pelo hub k no período t , Y_{kl}^t - quantidade de fluxo transportada do hub k para o hub l no período t , Z_{ij}^t - quantidade de fluxo entregue

pelo hub l para o destino j no período t , ε_k^t - quantidade de fluxo estocada no hub k no período t e $H_{ks} = 1$ se no nó k é instalado um hub de capacidade s e 0 c.c.

Formulação:

$$\min \sum_t [\sum_i \sum_k c_{ik}^t X_{ik}^t + \alpha \sum_k \sum_l c_{kl}^t Y_{kl}^t + \sum_l \sum_j c_{lj}^t Z_{lj}^t] + \sum_k \sum_s F_{ks} H_{ks} + \sum_t \sum_k \varepsilon_k^t \gamma_k^t \quad (19)$$

Sujeito a:

$$\sum_k X_{ik}^t = P_i^t \quad \forall i \in N, t \in T \quad (20)$$

$$\sum_l Z_{lj}^t = D_j^t \quad \forall j \in N, t \in T \quad (21)$$

$$\varepsilon_k^{t-1} + \sum_i X_{ik}^t + \sum_l Y_{lk}^t - \varepsilon_k^t - \sum_l Y_{kl}^t - \sum_j Z_{kj}^t = 0 \quad \forall k \in N, t \in T \quad (22)$$

$$\varepsilon_k^{t-1} + \sum_i X_{ik}^t + \sum_l Y_{lk}^t \leq \sum_s \Gamma_{ks} H_{ks} \quad \forall k \in N, t \in T \quad (23)$$

$$X_{ik}^t \leq P_i^t \sum_s H_{ks} \quad \forall i, k \in N, t \in T \quad (24)$$

$$Z_{lj}^t \leq D_j^t \sum_s H_{ls} \quad \forall j, l \in N, t \in T \quad (25)$$

$$Z_{lj}^t, Y_{kl}^t, X_{ik}^t, \varepsilon_k^t \geq 0 \quad \forall k, l, i, j \in N, t \in T \quad (26)$$

$$H_{ks} \in \{0, 1\} \quad \forall k \in N, s \in S \quad (27)$$

A Eq. (19) representa a função objetivo e minimiza o custo de transporte do fluxo da origem até seu destino final ao decorrer dos períodos, o custo de abrir os hubs por nível de capacidade escolhido e o custo de armazenamento da soja nos hubs ao decorrer dos períodos. A Eq. (20) e (21) são as equações de balanço do fluxo na origem e no destino por período, respectivamente. Já a Eq. (22) representa a equação de balanço no hub por período. A Eq. (23) estabelece que para cada hub o fluxo estocado no período anterior mais a o fluxo coletado mais o fluxo recebido por rotas intermediárias não pode exceder a capacidade do hub, onde a capacidade do hub pode ser uma ou mais das capacidades disponíveis para a abertura. As Eq. (24) e (25) garantem

que o fluxo só pode ser transferido via hub em todos os períodos. As Eq. (26) e (27) definem as variáveis contínuas e binárias, respectivamente.

O modelo DNCDRH também é um modelo inteiro misto, e possui ns variáveis binárias, $3n^2t + nt$ variáveis contínuas e $2n^2t + 4nt$ restrições.

5.3 RESULTADO COMPUTACIONAL

Para o modelo DNCDRH são realizadas as mesmas análises do modelo anterior DCDRH no Capítulo 4. Deste modo, são apresentados as análises para 1 e 3 anos, safra de 2012 e safras de 2010, 2011 e 2012, respectivamente, além dos cenários de Custo de Mercado – CM, Custo de Mercado com Economia de Escala – EECM, de Custo de Mercado com estoque em ponto de Transbordo permitido – CM-T e Custo de Mercado com Economia de Escala com estoque em ponto de Transbordo permitido – EECM-T.

5.3.1 ANÁLISE DE 1 ANO

As análises de cenários para o modelo DNCDRH de 1 ano permitem avaliar o comportamento da rede mediante a possibilidade de expansão na capacidade dos hubs.

Os resultados gerais obtidos para os cenários CM, EECM, CM-T e EECM-T são apresentados na Tabela 5-1. Na primeira coluna é especificado o cenário analisado, em seguida, o número de hubs abertos - H , o custo total - $CTotal$, o custo de coleta - $CColeta$, o custo de entrega - $CEntrega$, o custo de movimentação da carga entre os hubs - $CHub$, o custo total de transporte - $CTransporte$ (onde, $CTransporte = CColeta + CEntrega + CHub$), o custo de abertura - $CAbertura$, o custo de estoque – $CEstoque$, o tempo em segundos e o GAP da solução obtida.

Considerando o custo total, o melhor resultado obtido foi do cenário de EECM-T. O cenário também obteve o melhor custo de transporte, onde conseguiu grande redução nos custos de entrega.

O cenário de CM-T foi o que obteve menor custo de abertura de hubs e o cenário de EECM-T ficou próximo deste resultado. Já os cenários CM e EECM obtiveram custos bem maio-

res, pois, além dos pontos de transbordo os cenários têm que suprir a necessidade de armazenamento de soja dentro do Estado do MT.

Tabela 5-1. Resultados gerais para 1 ano do modelo DNCDRH

Cenários	H	CTotal (milhões US\$)	CColeta (milhões US\$)	CEntrega (milhões US\$)	CHubs (milhões US\$)	CTranporte (milhões US\$)	CAbertura (milhões US\$)	CEstoque (milhões US\$)	Tempo (s)	GAP (%)
CM	23	2.906,61	490,56	594,03	121,04	1.205,63	953,66	707,47	3,34	0,03
EECM	22	2.848,27	450,63	430,75	305,53	1.186,90	953,89	707,47	3,64	0,01
CM-T	20	2.787,77	573,56	570,56	84,44	1.228,56	851,73	707,47	2,53	0,01
EECM-T	19	2.737,80	477,41	391,28	308,32	1.177,01	853,32	707,47	2,12	0,00

5.3.1.1 CM

Para o modelo DNCDRH, o cenário de CM instala 23 hubs, dos quais 18 hubs estão localizados em 9 microrregiões do Estado e 5 são os pontos de transbordo, como mostra a Figura 5-1.

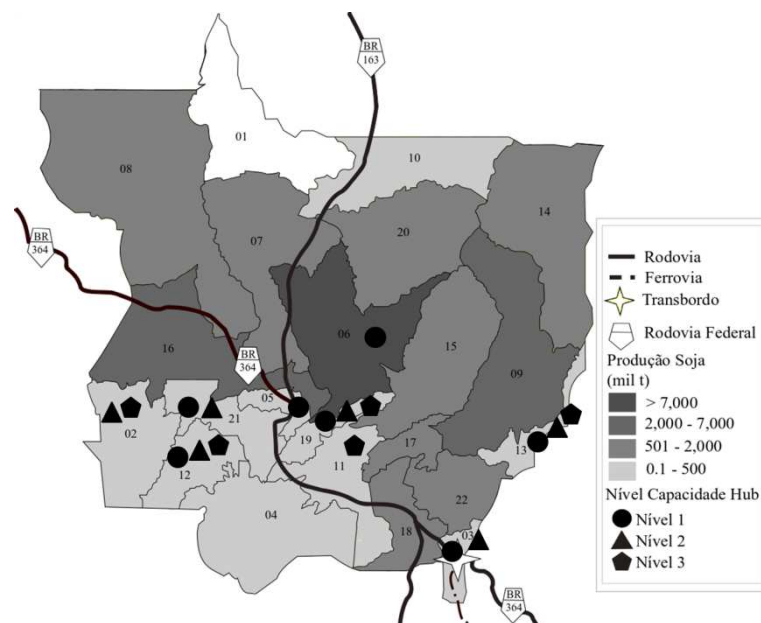


Figura 5-1. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DNCDRH

A particularidade desta configuração, quanto comparada ao cenário de CM do modelo DCDRH, Seção 4.3.1.1, é a concentração dos hubs na região Sul do Estado, por causa do Porto de Santos e Paranaguá. Para melhor compreensão da capacidade instalada em cada microrregião, observe a Tabela 5-2.

Tabela 5-2. Hubs e capacidade instalada em CM - DNCDRH

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 02 – Alto Guaporé	325,57	
MI 03 – Alto Araguaia	3.101,10	
MI 05 – Alto Paraguai	33,17	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 11 – Cuiabá	1.854,67	16.192,44
MI 12 – Jauru	142,26	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 21 – Tangará da Serra	1.164,47	
TR 23 – São Simão(GO)/Anhembi(SP)	1.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	5.000,00
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

A capacidade total instalada dentro do Estado não apresenta alteração significativa, no entanto, há expansões significativas em algumas microrregiões.

A MI 06 – Alto Teles Pires tem a maior capacidade de armazenamento do Estado e nesta microrregião é mantida sua capacidade atual. A MI 05 – Alto Araguaia apesar de apresentar baixa capacidade de armazenamento também não foi expandida, pois ela foi utilizada por sua localização geográfica e para armazenar uma pequena quantidade de soja não absorvida.

Já as 7 microrregiões restantes apresentaram algum nível de expansão, como é o caso da MI 03 – Médio Araguaia, MI 11 – Cuiabá e MI 21 – Tangará da Serra que triplicaram sua capacidade atual.

As escolhas de localização dos hubs e capacidade de operação de cada um estão ligadas à quantidade de soja que é destinada aos portos. Como a quantidade de soja destinada aos portos de Santarém, Manaus, São Luís e Vitória é pequena, eles são pouco favorecidos pela localização dos hubs de coleta. Além disso, estes hubs são abastecidos somente pelos pontos de transbordo e, portanto, a soja é transportada para estes portos através de rotas intermediárias, como mostra a Tabela 5-3.

Os portos de Santarém e Manaus recebem a soja que sai do hub de coleta MI 02 – Alto Guaporé e MI 21 – Tangará da Serra, é transportada até TR 26 – Porto Velho (RO) e segue consolidada para os portos. O Porto de Vitória é abastecido pelo hub de coleta MI 13 – Médio Araguaia que transporta a soja até o TR 24 – Araguari (MG) e em seguida para o porto.

Tabela 5-3. Rotas intermediárias em CM- DNCDRH

Hub de origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)
MI 02	TR 26	372,65
MI 05	MI 19	33,17
MI 06	MI 19	9,56
MI 11	TR 25	625,90
MI 12	TR 25	142,26
MI 13	TR 24	489,16
MI 19	TR 25	524,93
MI 21	MI 19	265,45
MI 21	TR 26	720,61
MI 21	TR 27	178,39

Já o Porto de São Luís recebe soja da rota MI 21 – Tangará da Serra que passa pelo TR 27 – Porto Nacional (TO) até o porto.

O Porto de Paranaguá não tem suas rotas intermediárias alteradas, quando comparado ao cenário CM do modelo anterior, o que se pode observar é um aumento na quantidade de soja transportada nas rotas que seguem para o TR 25 – Maringá (PR).

As alterações dos níveis de capacidade dos hubs também alteram o comportamento dos estoques e entregas, principalmente nas macrorregiões 2, 3 e 4, como mostra a Figura 5-2.

Na macrorregião 2 foi instalado a MI 13 – Médio Araguaia com capacidade 6 vezes maior do que sua capacidade atual, seu estoque atingiu pouco mais de 80% de sua capacidade no 4º período, e a microrregião transportou soja para o TR 24 – Araguari (MG) do 4º ao 10º período, e realizou entrega para o Porto de Santos no 3º período.

Na macrorregião 3, a MI 03 – Alto Araguaia teve uma capacidade instalada três vezes maior do que sua capacidade original, e a capacidade de armazenamento foi utilizada quase que totalmente no 3º período, no qual a microrregião inicia suas entregas ao Porto de Santos. Comparado ao cenário de CM do modelo DCCRH na Seção 4.3.1.1, este nível de capacidade supriu a função do hub instalado na MI 18 – Rondonópolis, pelo modelo anterior.

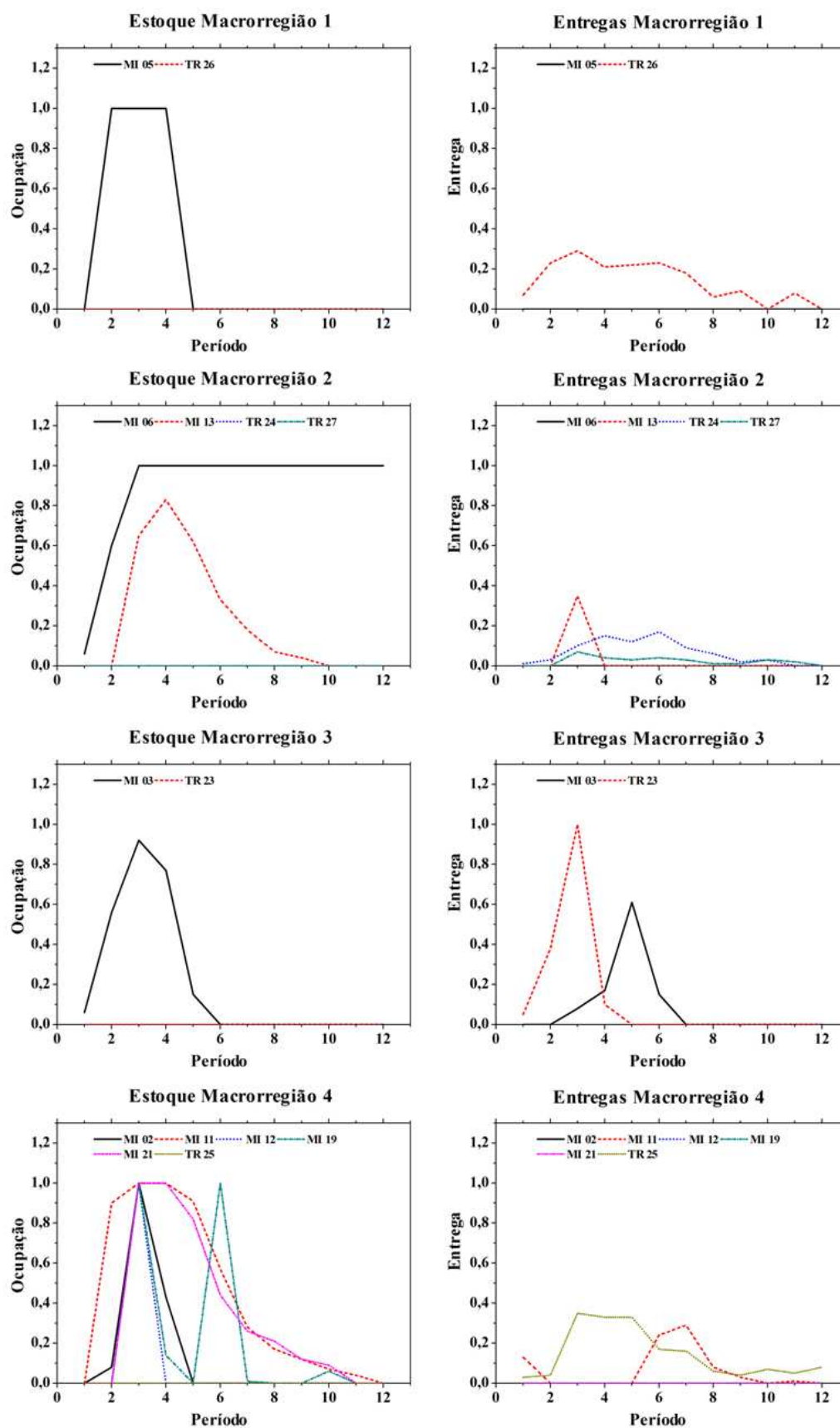


Figura 5-2. Estoques/entregas por macrorregião em CM – DNCDRH

Já a macrorregião 4, com maior número de hubs, as microrregiões mais relevantes em termos de capacidade são a MI 11 – Cuiabá e MI 21 – Tangará da Serra, localizadas na região Central do Estado e cortadas BR 163, um importante acesso ao TR 25 – Maringá (PR). A MI 19 – Rosário Oeste, também possui localização relevante, como as MI 11 e MI 21, e estrategicamente facilita o transporte da soja, no entanto, mesmo com expansão da sua capacidade em 6 vezes, a microrregião não dispõe de capacidade suficiente para manter a soja concentrada.

A Tabela 5-4 apresenta a quantidade de soja entregue pelos hubs aos portos. Semelhante aos cenários de CM anteriores, o Porto de Santos é o único a receber entregas via rodovia. Estas entregas são realizadas pelas MI 11 – Cuiabá e MI 13 – Médio Araguaia. A maior alteração nas entregas é no trecho MI 03 – Alto Araguaia para PO 32 – Porto de Santos, que realiza entregas proporcionais à sua capacidade instalada.

Tabela 5-4. Rotas de entrega de soja aos portos em CM – DNCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)
MI 03	PO 32	3.133,50
MI 11	PO 32	1.466,98
MI 13	PO 32	206,78
TR 23	PO 32	1.537,11
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

5.3.1.2 EECM

Diferente do que ocorreu no modelo DCDRH para o cenário de EECM, Seção 4.3.1.2, para o modelo DNCDRH este cenário criou uma configuração de rede diferente do cenário de CM (Seção 5.3.1.1). No total foram estabelecidos 22 hubs, dos quais 17 estão localizados dentro do Estado em 10 microrregiões, como mostra a Figura 5-3.

Entre as mudanças de localização, a principal é a localização de um hub na MI 18 - Rondonópolis. Apesar de ser uma localização estratégica para as entregas, por ter acesso às rodovias BR 163 e BR 364, a região Sudeste do Estado não teve sua capacidade real aumentada (comparando com cenário CM, Seção 5.3.1.1), como mostra a Tabela 5-5.

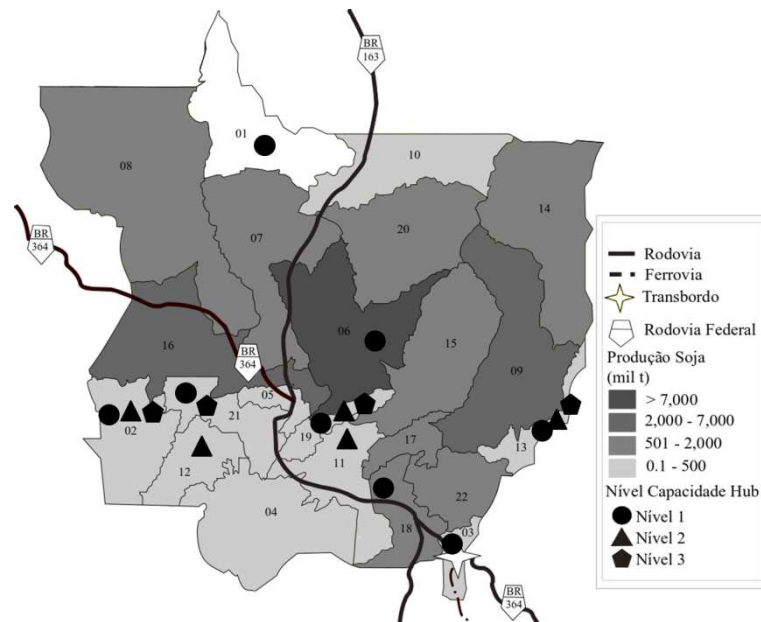


Figura 5-3. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM - DNCDRH

Tabela 5-5. Hubs e capacidade instalada em EECM - DNCDRH

Hubs	Capacidade instalada por hub(mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 02 – Alto Guaporé	390,69	
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 11 – Cuiabá	1.236,45	16.197,60
MI 12 – Jauru	47,42	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 18 – Rondonópolis	2.311,34	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 21 – Tangará da Serra	1.552,62	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi(SP)	1.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	5.000,00
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

Por causa do incentivo na economia de escala os fluxos provenientes das MI 11 – Cuiabá, MI 13 – Médio Araguaia e MI 18 – Rondonópolis, que eram entregues ao Porto de Santos via rodovia, neste cenário são direcionados ao TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP), como mostra a Tabela 5-6. Para os demais pontos de transbordo as mudanças são ínfimas.

Mesmo com o redirecionamento do fluxo que segue para o Porto de Santos, este cenário não conseguiu evitar as entregas diretas ao porto, diferente do que ocorreu para os cenários anteriores com economia de escala, como mostra a Figura 5-4.

Tabela 5-6. Rotas intermediárias em EECM-DNCDRH

Hub de origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)
MI 02	TR 26	451,18
MI 03	TR 23	2,82
MI 06	MI 19	64,02
MI 11	TR 23	1.131,55
MI 11	TR 25	266,91
MI 12	TR 25	47,42
MI 13	TR 23	333,28
MI 13	TR 24	563,19
MI 18	TR 23	2.311,34
MI 19	TR 25	1.011,64
MI 21	MI 18	409,17
MI 21	TR 26	658,43
MI 21	MI 19	715,78
MI 21	TR 27	178,39

As entregas realizadas por rodovia ao Porto de Santos ocorrem no 3º período na Macrorregião 2 pelo hub localizado na MI 13 – Médio Araguaia, e na Macrorregiões 3 e 4 pelas MI 18 – Rondonópolis e MI 11 – Cuiabá, respectivamente. No entanto, estas entregas ocorrem porque o TR 23 – São Simão (GO)/Anhembí(SP) já está realizando entregas no máximo da sua capacidade e elas são resultado do fluxo que o transbordo não conseguiu absorver.

Como a quantidade de soja não consolidada é pequena, o gráfico de Entregas Macrorregião 3 e 4 não consegue representá-las, mas elas podem ser confirmadas pela Tabela 5-7 que mostra a quantidade se soja entregue por hubs aos portos.

Tabela 5-7. Rotas entrega de soja aos portos em EECM - DNCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)
MI 03	PO 32	1.063,28
MI 11	PO 32	1,20
MI 13	PO 32	277,01
MI 18	PO 32	4,57
TR 23	PO 32	4.998,30
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

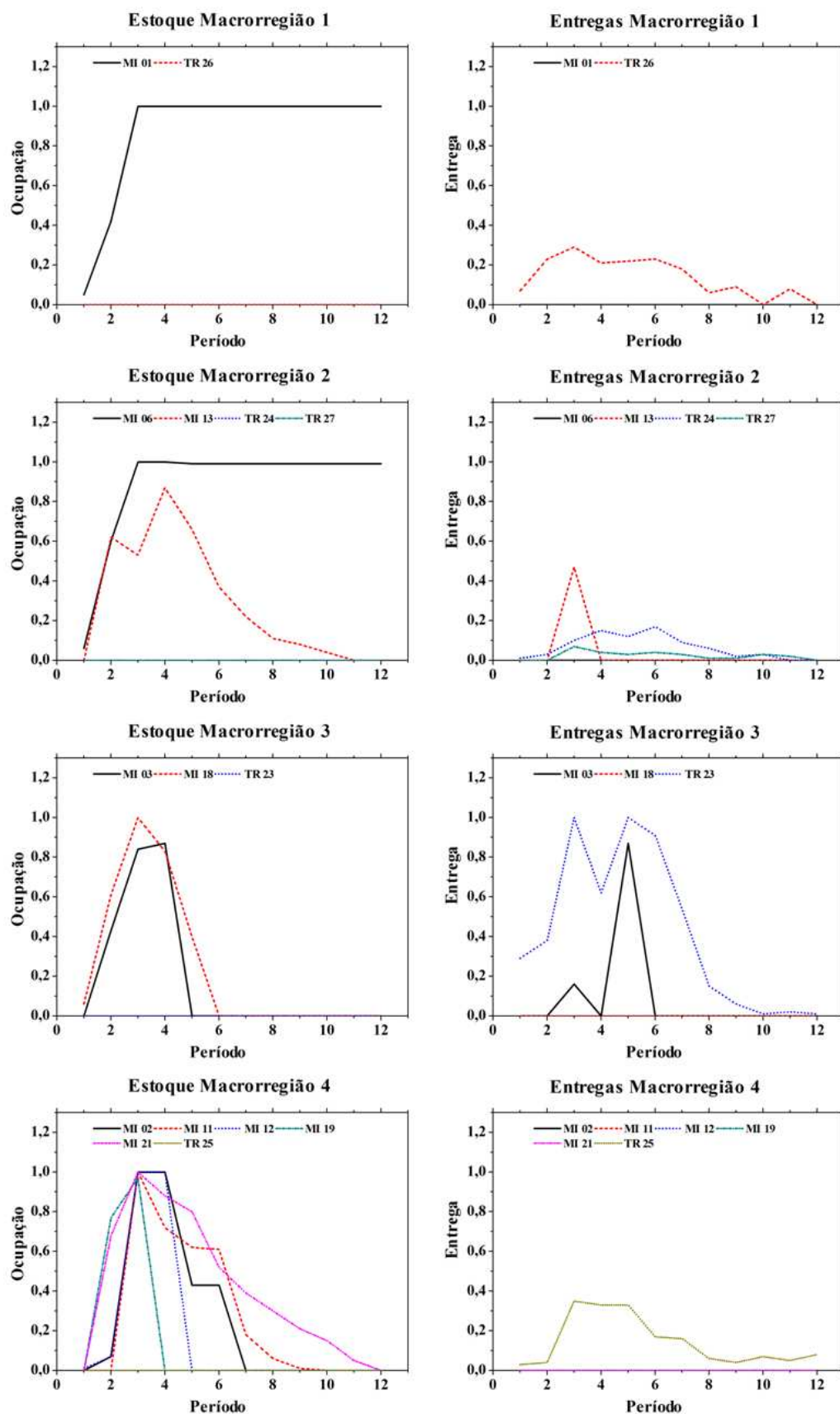


Figura 5-4. Estoques/entregas por macrorregião - EECM – DNCDRH

De modo semelhante ao que ocorre nos modelos anteriores com economia de escala, mesmo com capacidade disponível para entrega no 3º período, a MI 03 – Alto Araguaia não é economicamente vantajoso para consolidação da soja proveniente de MI 11 – Cuiabá e MI 13 – Médio Araguaia e MI 18 – Rondonópolis.

5.3.1.3 CM-T

Ao contrário do que foi observado em CM-T para análise de 1 ano do modelo DCDRH (Seção 4.3.1.3), neste modelo DNCDRH, há uma diminuição do número de hubs instalados, comparado aos cenários de CM e EECM (Seção 5.3.1.1 e 5.3.1.2, respectivamente). Deste modo, são instalados 20 hubs, dos quais, 15 estão localizados dentro do Estado e distribuídos em 7 localidades, como mostra a Figura 5-5.

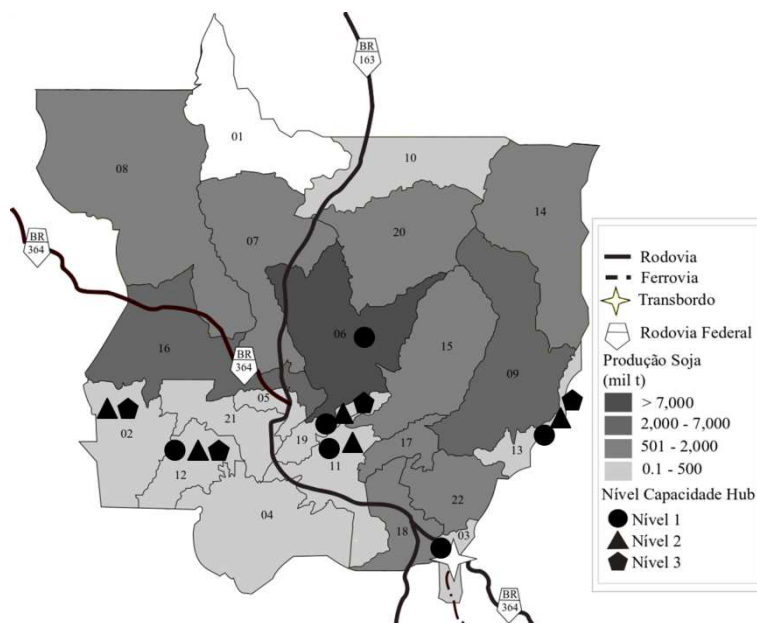


Figura 5-5. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DNCDRH

A possibilidade de estocar soja nos pontos de transbordo, a necessidade de que os mesmos sejam instalados para reduzir os custos de transporte e sua alta capacidade, faz com que a capacidade instalada dentro do Estado seja reduzida. No entanto, para compensar esta redução, o TR 23 – São Simão (GO) / Anhembi (SP) foi favorecido pela expansão de sua capacidade que é dobra-

da, como mostra a Tabela 5-8 de hubs instalados, capacidade de cada um, assim como a capacidade total dentro do Estado e nos pontos de transbordo.

Como observado em análises anteriores, os cenários que utilizam os custos de mercados praticados atualmente (CM) não favorecem a consolidação para o Porto de Santos. Considerando ainda que, neste cenário há concentração da soja em um número menor de regiões, o número de rotas de intermediárias utilizadas pelo modelo é reduzido.

Tabela 5-8. Hubs e capacidade instalada em CM-T - DNCDRH

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade instalada por região (mil t)
MI 02 - Alto Guaporé	325,57	12.927,40
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 11 – Cuiabá	1.854,67	
MI 12 – Jauru	142,26	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	6.000,00
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	2.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

As microrregiões que transportam a soja por rotas intermediárias são as que normalmente abastecem o ponto de transbordo TR 25 – Maringá (PR) e TR 26 – Porto Velho (RO), e todas elas estão concentradas na Macrorregião 4, como mostra a Tabela 5-9 de rotas intermediárias.

Tabela 5-9. Rotas intermediárias em CM-T - DNCDRH

Hub origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)
MI 02	TR 26	765,65
MI 06	MI 19	61,37
MI 11	TR 25	227,79
MI 12	TR 25	137,19
MI 12	TR 26	5,06
MI 19	TR 25	551,71

Analisando a Figura 5-6 que apresenta o comportamento dos estoques e entregas das macrorregiões, é possível perceber pela quantidade de soja em estoque, que os pontos de transbordo coletaram grande quantidade de soja.

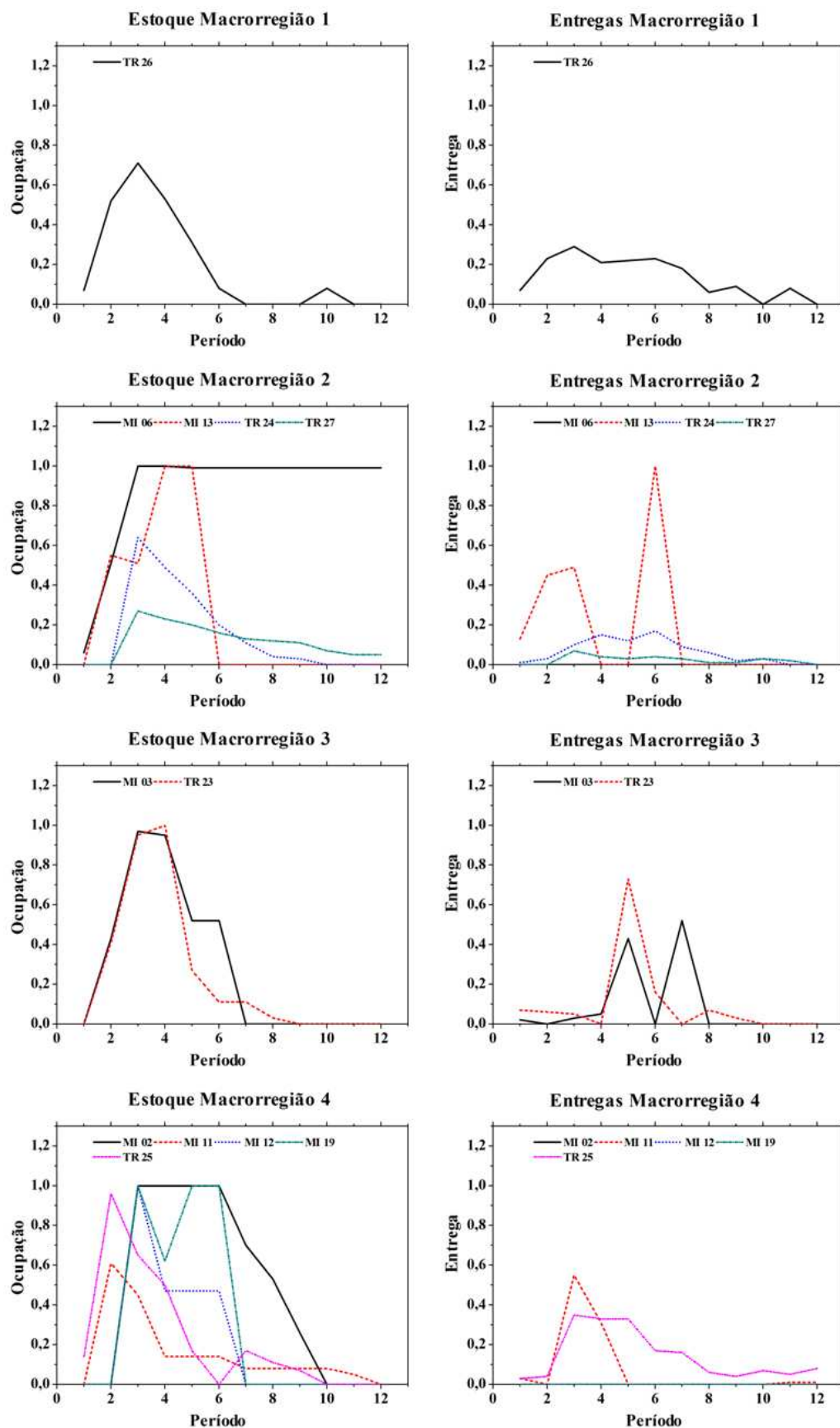


Figura 5-6. Estoques/entregas por macrorregião em CM-T - DNCDRH

Na Macrorregião 3, onde o TR 23 – São Simão (GO) / Anhembi(SP) teve sua capacidade dobrada, são instalados apenas 2 hubs, o próprio ponto de transbordo e a MI 03 – Alto Araguaia, que também é um ponto de consolidação. Os estoques nos dois pontos são utilizados em seu limite máximo no período de pico da safra.

Na Macrorregião 4, o TR 25 – Maringá (PR) realiza uma grade coleta já no início da safra, e esta soja é destinada ao Porto de Paranaguá e São Francisco do Sul ao longo dos períodos. Além disso, o ponto de transbordo recebe soja proveniente das MI 11 – Cuiabá, MI 12 – Jauru e MI 19 – Rosário Oeste através das rotas intermediárias.

A Tabela 5-10 mostra as rotas utilizadas para realizar as entregas de soja aos portos. Apesar da Macrorregião 3 coletar grande quantidade de soja, o Porto de Santos também é abastecido por entregas via rodovia, e recebe grande quantidade de soja das MI 11 – Cuiabá e MI 13 – Médio Araguaia.

Tabela 5-10. Rotas de entrega de soja aos portos em CM-T - DNCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)
MI 03	PO 32	1.090,79
MI 11	PO 32	1.683,98
MI 13	PO 32	1.214,06
TR 23	PO 32	2.355,54
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

5.3.1.4 EECM-T

Neste cenário, não houve grandes alterações nas localizações de hubs, comparado ao cenário anterior CM-T (Seção 5.3.1.3). As principais mudanças são a localização de um hub na MI 22 – Tesouro e a diminuição de capacidade na MI 11 – Cuiabá, como mostra a Figura 5-7.

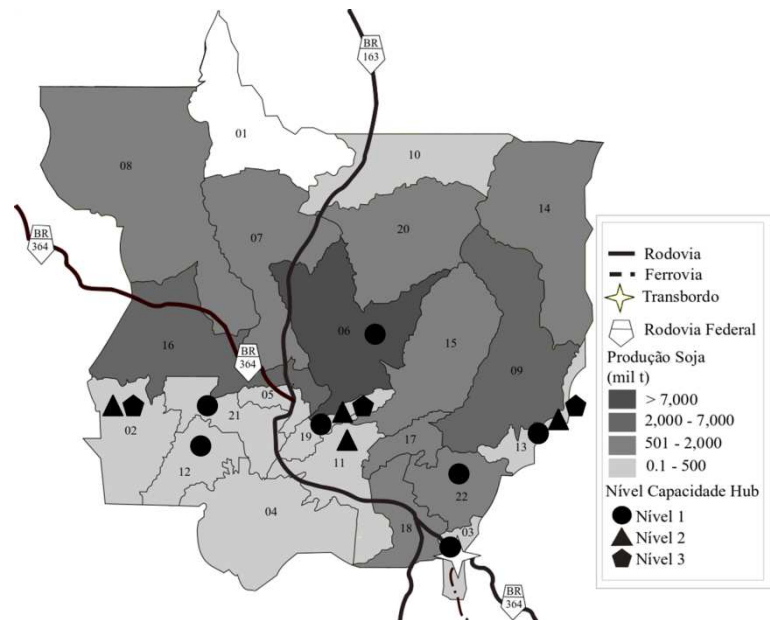


Figura 5-7. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM-T - DNCDRH

Mesmo com alterações nos níveis de capacidade, a capacidade total instalada dentro do Estado se manteve praticamente a mesma e, semelhante ao cenário de CM-T, o TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) teve sua capacidade expandida, como mostra a Tabela 5-11.

Tabela 5-11. Hubs e capacidade instalada EECM-T em DNCDRH

Hubs	Capacidade instalada por hub(mil ton)	Capacidade instalada por região (mil t)
MI 02 – Alto Guaporé	325,57	12.962,64
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 11 – Cuiabá	1.236,45	
MI 12 – Jauru	23,71	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
MI 22 - Tesouro	383,85	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	2,000,00	6.000,00
TR 24 – Araguaia (MG)	1,000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1,000,00	
TR 26 – Porto Velho (RO)	1,000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1,000,00	

Como esperado, a economia de escala propicia o transporte de soja para o Porto de Santos por rotas intermediárias. Deste modo, o modelo direcionou a soja com destino a Santos para o TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP) para ser consolidada, como mostra a Tabela 5-2.

Tabela 5-12. Rotas intermediárias em EECM-T – DNCDRH

Hub origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)
MI 02	TR 26	776,05
MI 03	TR 23	1.548,32
MI 06	MI 19	26,14
MI 11	TR 23	1.911,77
MI 11	TR 25	391,18
MI 12	TR 25	47,42
MI 13	TR 23	1.261,11
MI 19	TR 25	891,39
MI 21	TR 26	243,70
MI 21	MI 19	374,91
MI 22	TR 23	383,85

Mesmo incentivando a entrega consolidada, ainda há entregas para o Porto de Santos através de rotas diretas. Estas entregas são realizadas pelas MI 11 – Cuiabá e MI 13 – Médio Araguaia no 3º período, como mostra a Figura 5-8.

Observa-se que neste período os hubs de consolidação que transportam soja para Santos estão trabalhando em seu limite máximo, a MI 03 está no limite de seus estoques e o TR 23 não tem capacidade para manusear a soja, como impõe a Eq. (23).

Na Macrorregião 4 fica evidente o papel de redirecionamento da MI 19 – Rosário Oeste, que tem 4 giros de estoque de soja que recebeu de outras microrregiões, como MI 06 – Alto Teles Pires e MI 21 - Tangará da Serra, para posteriormente enviar ao TR 25 – Maringá (PR), como mostra a Tabela 5-2 de rotas utilizadas para transporte de soja até os portos. Apesar de identificar entregas diretas, este cenário entrega a maioria da soja através de rotas de consolidação.

Tabela 5-13. Rotas de entrega de soja aos portos em EECM-T - DNCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)
MI 03	PO 32	32,40
MI 11	PO 32	8,17
MI 13	PO 32	287,20
TR 23	PO 32	6.016,60
TR 24	PO 31	782,96
TR 25	PO 33	1.249,30
TR 25	PO 34	450,83
TR 26	PO 28	1.125,31
TR 26	PO 29	528,11
TR 27	PO 30	282,37

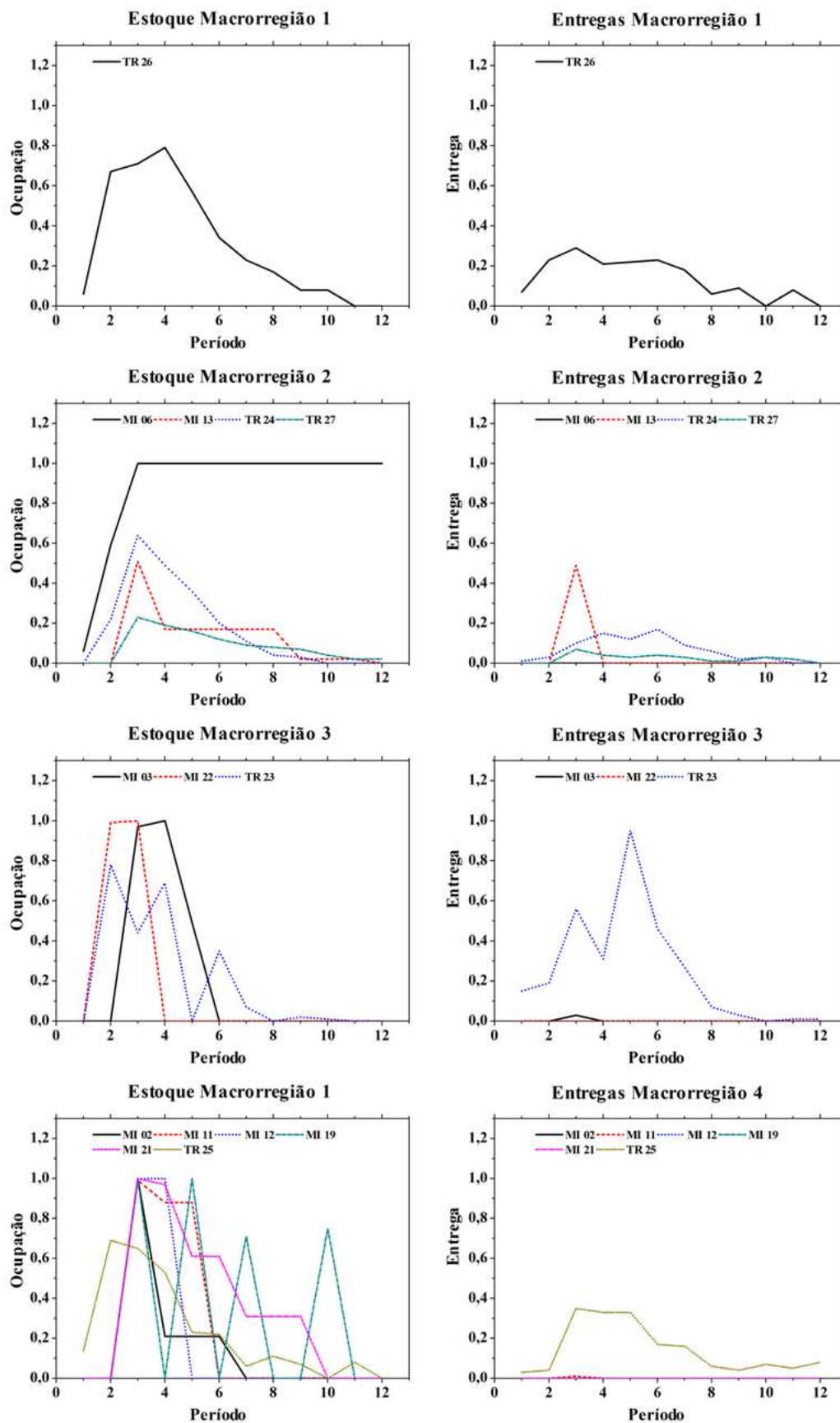


Figura 5-8. Estoques/entregas por macrorregião EECM-T - DNCDRH

5.3.2 ANÁLISE DE 3 ANOS

A análise de 3 anos do modelo DNCDRH tem por objetivo avaliar os mesmos fatores observados na Seção 4.3.2 de análise de 3 anos do modelo DCDRH. No entanto, a possibilidade de expansão dos hubs oferece uma nova perspectiva da análise do modelo, que é identificar os hubs que devem ser expandidos para que a rede seja ótima no caso de saturações dos estoques por excesso de soja.

Os resultados gerais obtidos para os cenários CM, EECM, CM-T e EECM-T são apresentados na Tabela 5-14. Na primeira coluna é especificado o cenário analisado, em seguida, o número de hubs abertos - H, o custo total - CTotal, o custo de coleta - CColeta, o custo de entrega - CEntrega, o custo de movimentação da carga entre os hubs - CHub, o custo total de transporte - CTransporte (onde, CTransporte = CColeta+ CEntrega + CHub), o custo de abertura - CAbertura, o custo de estoque – CEstoque, o tempo em segundos e o GAP da solução obtida.

Tabela 5-14. Resultados gerais para 3 anos do modelo DNCDRH

Cenários	H	CTotal (milhões US\$)	CColeta (milhões US\$)	CEntrega (milhões US\$)	CHubs (milhões US\$)	CTransporte (milhões US\$)	CAbertura (milhões US\$)	CEstoque (milhões US\$)	Tempo (s)	GAP (%)
CM	31	8.219,50	1.265,94	1.650,99	429,87	3.346,80	1.530,06	3.342,64	39,06	0,01
EECM	27	8.052,29	1.139,15	1.097,76	942,68	3.179,59	1.530,05	3.342,64	20,40	0,01
CM-T	26	8.028,08	2.053,92	1.127,79	104,71	3.286,42	1.399,01	3.342,64	13,00	0,07
EECM-T	24	7.917,04	1.280,80	1.042,14	844,17	3.167,11	1.407,28	3.342,64	16,02	0,04

Sem sofrer penalizações, os custos obtidos pelo modelo podem ser comparados e discutidos. Os cenários CM-T e EECM-T que possibilitam o armazenamento de soja nos pontos de transbordo instalam um número menor de hubs do que os cenários CM e EECM, e consequentemente, apresentam um custo de abertura menor.

Já os menores custos de transporte são obtidos pelos cenários com economia de escala, EECM-T e EECM. O cenário EECM-T apresenta maior vantagem competitiva por transportar uma quantidade menor de soja por rotas intermediárias e utilizar mais rotas de entregas com menor custo.

Em termos de custos gerais, o melhor resultado foi para o cenário de EECM-T.

5.3.2.1 CM

Diferente do que ocorreu na análise do cenário CM com saturação de estoques no modelo DCDRH (Seção 4.3.2.1), para este modelo não é necessário instalar hubs por todas as microrregiões. A dispersão da soja pelo Estado é evitada pela expansão da capacidade de armazenamento de pontos estratégicos para a rede. Deste modo, são instalados 31 hubs em 19 localidades, das quais 14 estão dentro do Estado do MT, como mostra a Figura 5-9.

A concentração de uma quantidade grande de soja requer uma expansão expressiva da capacidade de armazenamento. Comparando a capacidade total instalada dentro de Estado, este cenário tem maior capacidade do que o cenário de CM do modelo DCDRH (Seção 4.3.2.1), como mostra a Tabela 5-15.

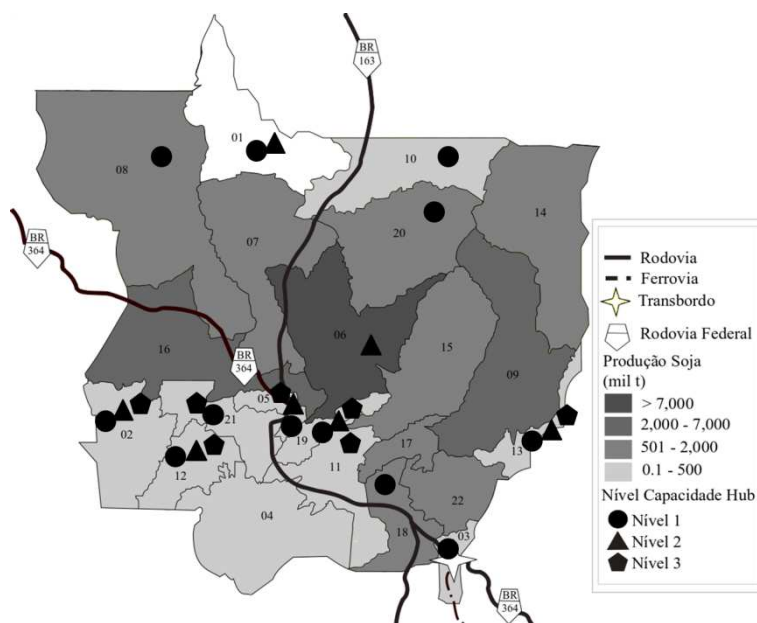


Figura 5-9. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DNCDRH

A expansão mais significativa é da MI 06 – Alto Teles Pires, que já possui alta capacidade de armazenamento e tem sua capacidade atual dobrada. Logo, a capacidade instalada da MI06 representa mais da metade da capacidade total instalada no Estado. Para suprir a necessidade de armazenamento, também são instalados hubs na região Norte do Estado, onde MI 20 – Sinop é a mais representativa.

Apesar de instalar hubs com capacidades significativas, como MI 03 – Alto Araguaia, MI 06 – Alto Teles Pires, MI 11 - Cuiabá, MI 13 – Médio Araguaia, MI 18 - Rondonópolis, MI 20 - Sinop e MI 21 – Tangará da Serra, ainda é necessária a instalação e expansão de hubs pouco significativos para absorver a soja que não conseguiu ser abrangida pelos outros hubs, como é o caso da MI 01 – Alta Floresta, ou por ser um ponto geograficamente estratégico para o transporte, como é o caso da MI 19 – Rosário Oeste.

Tabela 5-15. Hubs e capacidade instalada CM em DNCDRH

Hubs	Capacidade Instalada (mil t)	Capacidade instalada por região (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	162,54	
MI 02 – Alto Guaporé	390,69	
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 05 – Alto Paraguai	199,02	
MI 06 – Alto Teles Pires	17.637,75	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 10 – Colíder	246,67	
MI 11 – Cuiabá	1.854,67	29.001,22
MI 12 – Jauru	142,26	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 18 – Rondonópolis	2.311,34	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 20 – Sinop	2.248,45	
MI 21 – Tangará da Serra	1.552,62	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	5.000,00
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

De acordo com as rotas intermediárias apresentadas na Tabela 5-16, identifica-se uma mudança nas rotas que transportam soja até os pontos de transbordo, principalmente os localizados ao Norte do país. O TR 26 – Porto Velho (RO) nos anos de 2010 e 2011 mantém as rotas até agora observadas, como o envio de soja da MI 02 – Alto Guaporé e da MI 21 – Tangará da Serra. Porém, no ano de 2012, há uma diminuição significativa da quantidade de soja enviada pela MI 21 e a demanda passa a ser atendida pela MI 08 – Aripuanã.

Mesmo com o custo do frete rodoviário maior a MI 21 tem preferência de transporte de soja para o TR 26 por questões relacionadas ao estoque.

Observe a Figura 5-10, onde a MI 21 – Tangará da Serra, na Macrorregião 4, termina 2010 com aproximadamente 20% da sua capacidade ocupada, em 2011 zera seus estoques e termina 2012 com aproximadamente 90% de sua capacidade ocupada. Enquanto que a MI 08 – Ari-

puanã, apesar de iniciar seus estoques em 2010, atinge sua capacidade máxima apenas no início da safra de 2012. Assim, dada a capacidade de operação das duas microrregiões e a importância da localização geográfica, o modelo prefere pagar um pouco a mais pelo transporte e manter capacidade da MI 21 disponível para garantir seu uso até o final do período analisado, 2012.

Tabela 5-16. Rotas intermediárias utilizadas por ano em CM – DNCDRH

Hub de origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 02	TR 26	390,69	457,76	432,10
MI 05	MI 19	0,00	0,00	66,31
MI 08	TR 26	0,00	0,00	469,16
MI 11	TR 25	0,00	0,00	869,41
MI 12	TR 25	142,26	142,26	142,26
MI 13	TR 24	489,01	539,73	489,16
MI 19	TR 25	494,29	620,32	229,75
MI 20	TR 27	91,66	147,17	139,50
MI 21	TR 26	836,84	747,19	186,33
MI 21	MI 19	330,84	439,95	0,0
MI 21	TR 27	0,00	0,00	38,88

Já a TR 27 – Porto Nacional (TO), que até este momento era abastecido pela MI 21 - Tangará da Serra, passa a ser atendido também pela MI 20 – Sinop, sem aumento de custos, por causa da localização geográfica da microrregião.

Na Figura 5-10 também é possível identificar os hubs que são utilizados apenas como hubs de armazenamento, como a MI 01 – Alta Floresta na Macrorregião 1 e a MI 06 – Alto Teles Pires e MI 10 – Colíder na Macrorregião 2 e, como esperado, os hubs de maior movimentação estão localizados nas Macrorregiões 3 e 4.

Como mencionado acima, a MI 19 – Rosário Oeste tem grande importância estratégica, principalmente no redirecionamento da soja para o TR 25 – Maringá, e este redirecionamento pode ser observado pelo número de giros no seu estoque, com 4 giros em 2010 e 2 giros em 2011 e 2012, no período de pico da safra. Os demais hubs possuem 3 giros ao decorrer do período, todos eles coincidem o período de safra.

O Porto de Santos é o único porto a receber entregas diretas, e estas entregas são provenientes de MI 11 - Cuiabá, MI 13 – Médio Araguaia, MI 18 - Rondonópolis e MI 21 – Tangará da Serra. Nas MI 13 e MI 18 o transporte de soja aumenta de 2010 para 2012, enquanto que na MI 11 diminui e a MI 21 realiza entregas diretas para Santos apenas em 2010, como mostra a Tabela 5-17.

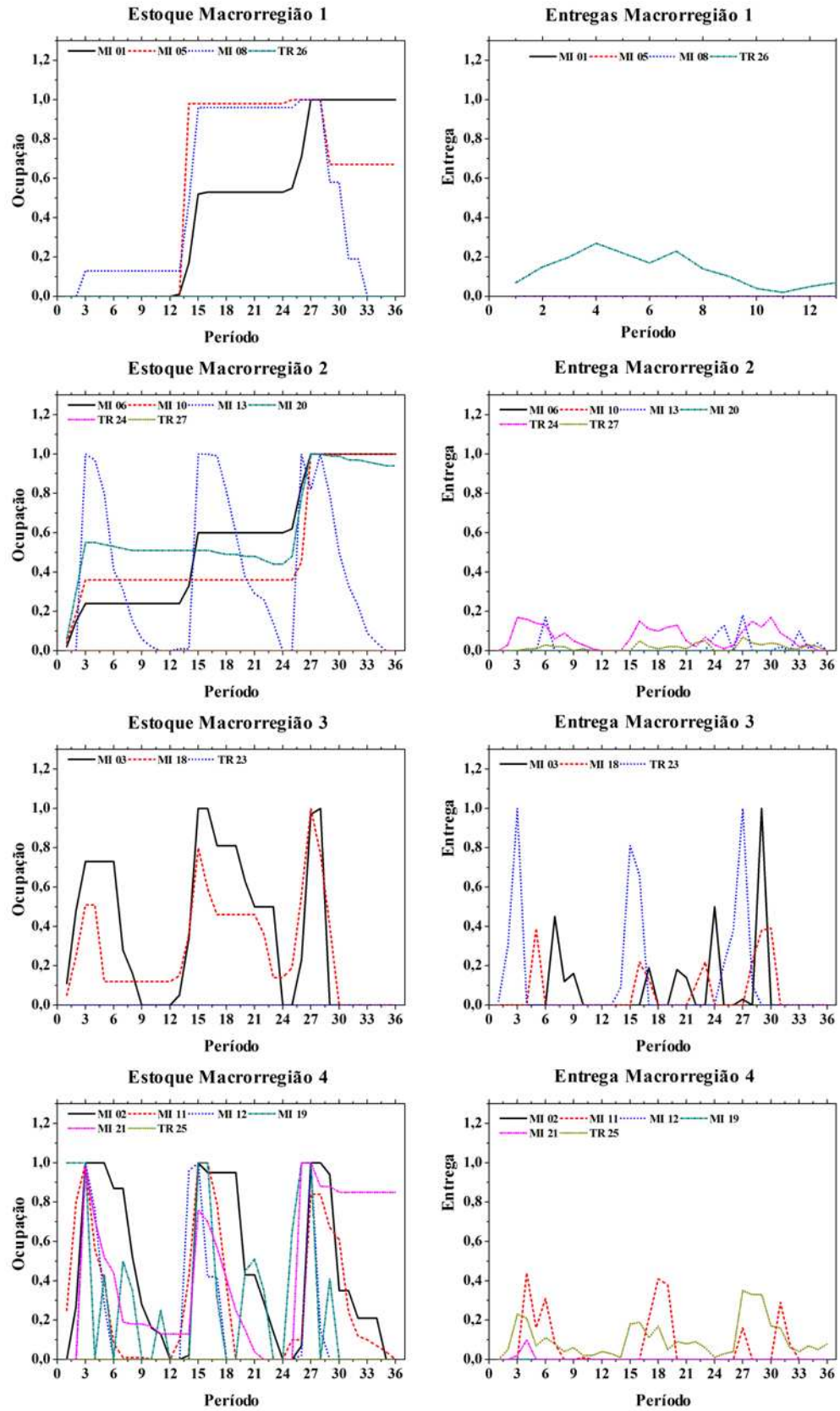


Figura 5-10. Estoques/entregas por macrorregião em CM- DNCDRH

Tabela 5-17. Rotas de entrega de soja aos portos em CM - DNCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 03	PO 32	749,99	1.033,70	1.066,10
MI 11	PO 32	1.854,67	1.854,67	985,26
MI 13	PO 32	99,84	49,12	282,52
MI 18	PO 32	899,77	1.554,27	2.310,91
MI 21	PO 32	186,22	0,00	0,00
TR 23	PO 32	1.311,90	1.556,60	1.699,58
TR 24	PO 31	867,58	859,40	782,96
TR 25	PO 33	613,26	839,10	1.249,30
TR 25	PO 34	314,60	229,55	450,83
TR 26	PO 28	1.151,80	985,63	1.125,31
TR 26	PO 29	504,31	513,45	528,11
TR 27	PO 30	100,76	197,99	282,37

5.3.2.2 EECM

Neste cenário há uma diminuição do número de hubs instalados, mas um aumento do número de localizações por onde os hubs estão distribuídos (comparação com Seção 5.3.2.1). Este comportamento é similar em todos os cenários com incentivo de economia de escala, já que a instalação de hubs em mais microrregiões diminui o custo de coleta da soja e o custo de transporte entre hubs não é tão oneroso, havendo assim uma compensação no custo total.

Deste modo, são instalados 27 hubs, dos quais 22 estão dentro do Estado do MT distribuídos em 15 microrregiões, como mostra a Figura 5-11.

Apesar de instalar um número menor de hubs, a capacidade total instalada dentro do Estado permanece inalterada, como mostra a Tabela 5-18.

A MI 16 – Parecis é a segunda microrregião dentro de Estado do MT com grande capacidade a ser instalada, fica atrás da MI 06 – Alto Teles Pires, e por não estar geograficamente localizada em área estratégica que beneficia o transporte em geral, não havia sido instalado hub nesta microrregião até o momento. Além da MI 16, na MI 20 – Sinop, localizada na região Centro-Norte do Estado também foi instalado um hub, e sua capacidade atual expandida.

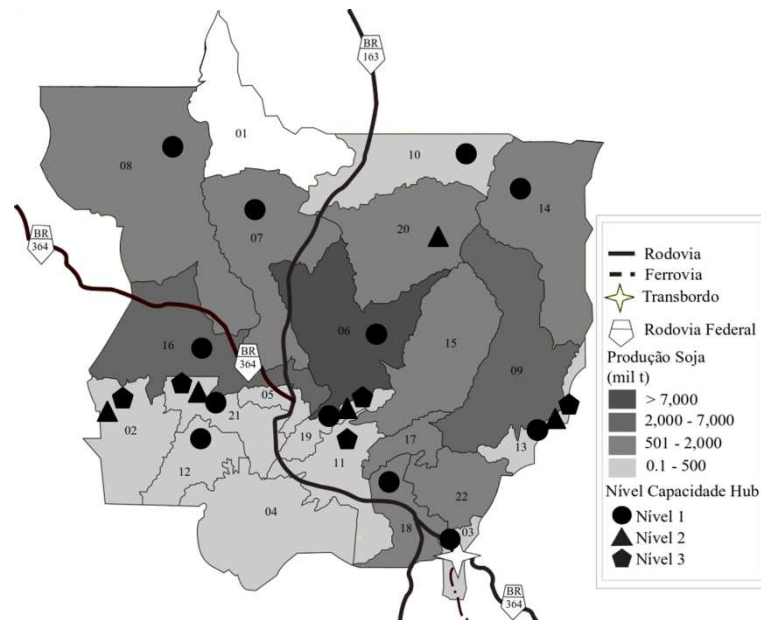


Figura 5-11. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM - DNCDRH

Tabela 5-18. Hubs e capacidade instalada em EECM – DNCDRH

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade instalada por região (mil t)
MI 02 – Alto Guaporé	325,57	29.001,18
MI 03 – Médio Araguaia	1.033,70	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 07 – Arinos	776,94	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 10 – Colíder	246,67	
MI 11 – Cuiabá	1.854,67	
MI 12 – Jauru	23,71	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 14 – Norte Araguaia	296,83	
MI 16 – Parecis	5.265,51	
MI 18 – Rondonópolis	2.311,34	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 20 – Sinop	4.496,90	5.000,00
MI 21 – Tangará da Serra	2.328,94	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi(SP)	1.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

Logo, a instalação de hubs nas MI 06 – Alto Teles Pires, MI 16 – Parecis e MI 20 – Sinop garantem mais da metade da capacidade total instalada dentro do Estado do MT.

Com um número maior de hubs instalados em microrregiões com alta capacidade de armazenamento há um aumento no fluxo entre hubs e no número de rotas intermediárias utilizadas,

devido à maior concentração do fluxo, consequência do incentivo na economia de escala, como mostra a Tabela 5-19.

Tabela 5-19. Rotas intermediárias utilizadas por ano em EECM – DNCDRH

Hub de origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 02	TR 26	364,09	395,30	386,07
MI 03	TR 23	749,99	856,73	6,23
MI 08	TR 26	0,00	0,00	469,16
MI 11	TR 23	1.835,00	1.854,67	1.128,13
MI 11	TR 25	19,67	0,00	888,55
MI 12	TR 25	23,71	8,83	23,71
MI 13	TR 23	279,42	544,80	491,23
MI 13	TR 24	573,94	474,75	563,19
MI 14	TR 24	0,00	157,95	0,00
MI 14	TR 27	0,00	0,00	66,00
MI 16	TR 27	0,00	0,00	73,50
MI 18	TR 23	298,52	1.784,44	2.311,34
MI 19	TR 25	702,39	981,66	410,30
MI 20	TR 27	0,00	0,00	38,88
MI 21	MI 19	438,79	618,49	181,88
MI 21	TR 26	903,57	817,77	254,39
MI 21	TR 23	680,78	278,54	0,00
MI 21	TR 27	85,09	147,17	0,00

A Tabela 5-19 sugere que a maior parte da soja entregue aos portos segue pelos pontos de transbordo, devido à quantidade de soja redirecionada aos mesmos. No entanto, ao observar a Figura 5-12 é possível identificar entregas diretas no pico das exportações nos anos de 2010 e 2012, pelas MI 13 – Médio Araguaia e MI 18 – Rondonópolis.

Analisando o comportamento dos estoques, observa-se que os hubs de alta capacidade de armazenamento, citados anteriormente, detêm a soja excedente e seus estoques aumentam a cada ano. Logo, eles operam principalmente como hubs de armazenamento e a quantidade de soja que dispõem para abastecer os portos é pequena.

Deste modo, os hubs localizados em áreas de relevância estratégica para o transporte, como MI 13- Médio Araguaia e MI 14 – Norte Araguaia na Macrorregião 2, MI 03 – Alto Araguaia e MI 18 - Rondonópolis na Macrorregião 3, MI 02 – Alto Guaporé, MI 11 - Cuiabá, MI 19 – Rosário Oeste e MI 21 – Tangará da Serra na Macrorregião 4, tentam zerar ou reduzir seus estoques para transportar a safra seguinte com menores custos de transporte, como pode ser observado na Figura 5-12.

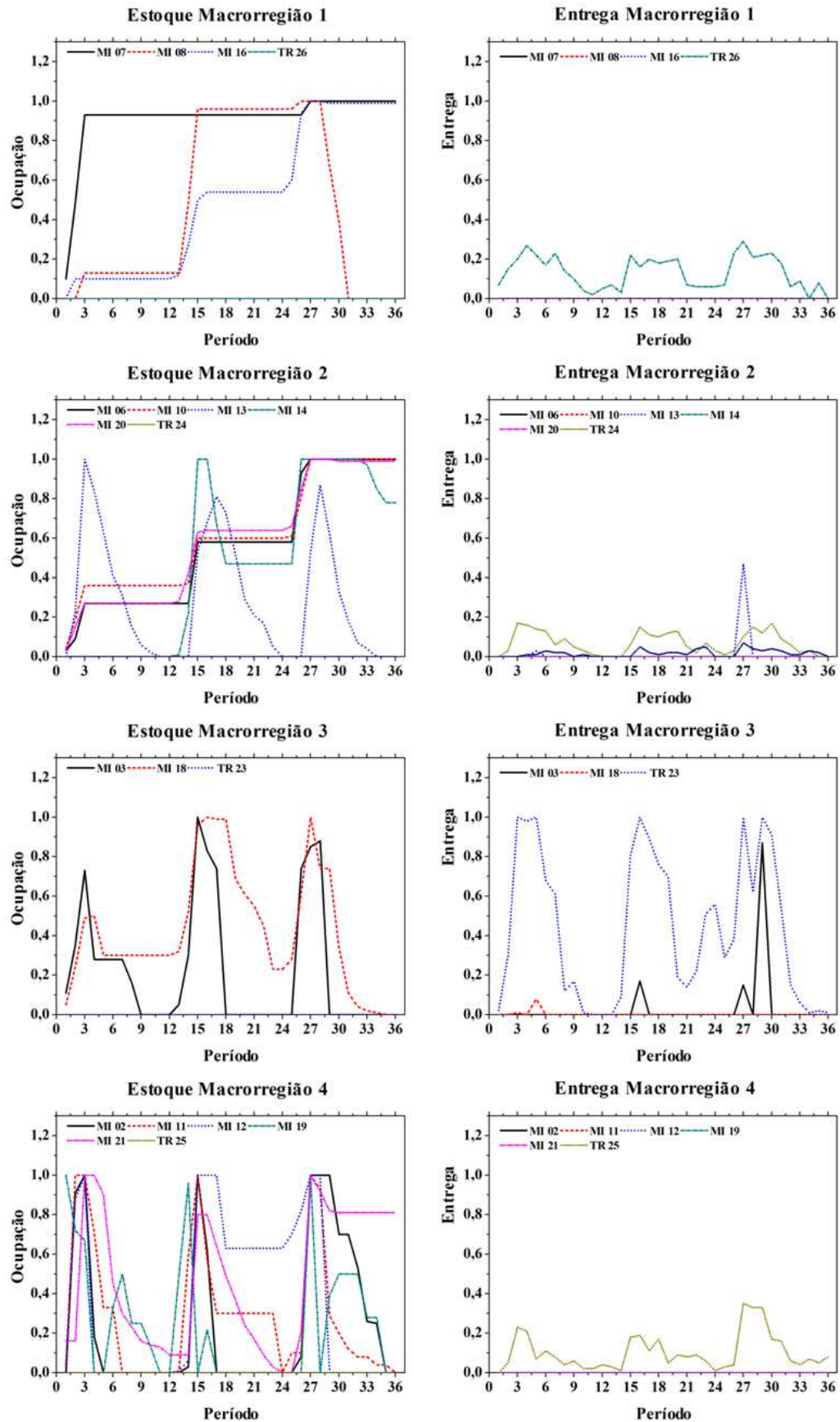


Figura 5-12. Estoques/entregas por macrorregião em EECM - DNCDRH

De acordo com a Tabela 5-20, a quantidade de soja entregue diretamente ao Porto de Santos é pequena e a análise conjunta da tabela com os gráficos de entrega das macrorregiões permite afirmar que estas entregas ocorrem por falta de capacidade do TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) em consolidar toda a soja destinada a Santos. Já o ponto de consolidação da MI 03 – Alto Araguaia tem capacidade disponível para realizar entregas, mas o fluxo não é redirecionado a esta microrregião por não haver custos favoráveis à consolidação.

Tabela 5-20. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM - DNCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 03	PO 32	0,00	176,96	1.059,86
MI 11	PO 32	0,00	0,00	4,62
MI 13	PO 32	14,91	0,00	277,01
MI 18	PO 32	204,50	0,00	4,57
TR 23	PO 32	4.883,01	5.871,42	4.998,30
TR 24	PO 31	867,58	859,40	782,96
TR 25	PO 33	613,26	839,10	1.249,30
TR 25	PO 34	314,60	229,55	450,83
TR 26	PO 28	1.151,80	985,63	1.125,31
TR 26	PO 29	504,31	513,45	528,11
TR 27	PO 30	100,76	197,99	282,37

5.3.2.3 CM-T

Seguindo a tendência de localização dos cenários com armazenamento nos pontos de transbordo, este cenário reduziu em 7 milhões de toneladas a capacidade instalada dentro do Estado do Mato Grosso. Com isso, o modelo instalou 26 hubs, dos quais 20 estão dentro do Estado distribuídos em 10 microrregiões, como mostra a Figura 5-13.

Apesar de diminuir a capacidade instalada dentro do Estado, a capacidade total instalada aumentou em aproximadamente 1 milhão de toneladas. Isto é possível porque no TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) foram instalados os níveis 2 e 3 de capacidade, o que significa que o ponto de transbordo teve sua capacidade quintuplicada, como mostra a Tabela 5-21.

A expansão do TR 23 tem como consequência a não instalação de outros hubs na Macrorregião 3, ao qual o ponto de transbordo pertence, e assim, localizações como a MI 03 – Alto Araguaia, onde há um terminal de consolidação ferroviária e MI 18 – Rondonópolis, ponto estratégico de transporte, por exemplo, não são incluídos no conjunto de hubs.

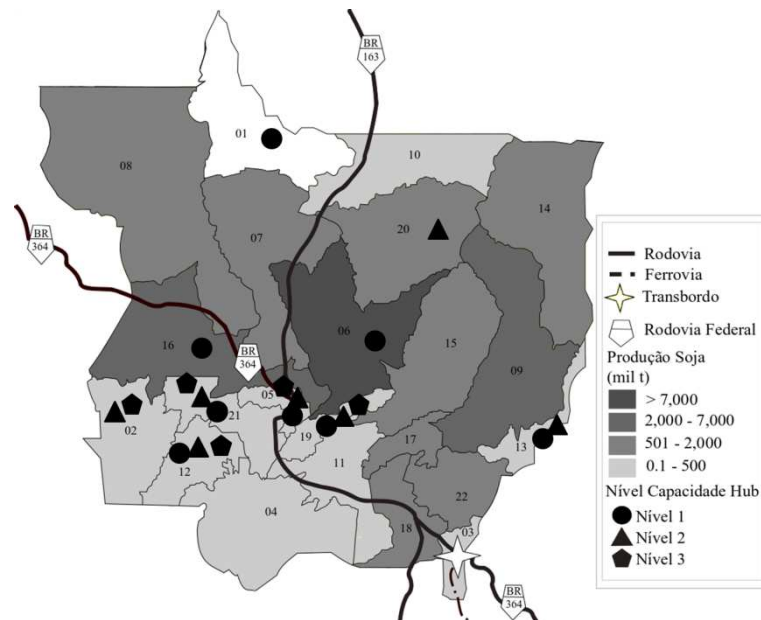


Figura 5-13. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T – DNCDRH

Outra microrregião importante na qual não foram instalados hubs é a MI 11 – Cuiabá, que até os cenários anteriores, tem se mostrado como dos principais hubs abastecedor da TR 25 – Maringá (PR) e, algumas vezes, abasteceu Santos por rodovia ou através do TR 23 – São Simão (GO) / Anhembi (SP).

Tabela 5-21. Hubs e capacidade instalada em CM-T - DNCDRH

Hubs	Capacidade Instalada (mil t)	Capacidade instalada por região (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 02 – Alto Guaporé	325,57	
MI 05 – Alto Paraguai	199,02	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 12 – Jauru	142,26	
MI 13 – Médio Araguaia	294,43	22.089,16
MI 16 – Parecis	5.265,51	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 20 – Sinop	4.496,90	
MI 21 – Tangará da Serra	2.328,94	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi(SP)	5.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	9.000,00
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

Para esta configuração, as rotas intermediárias transportam uma quantidade muito pequena de soja. As rotas de maior participação são as de MI 02 – Alto Guaporé para TR 26 – Porto

Velho (RO), que posteriormente abastece os portos de Manaus e Santarém e tem movimentação durante os 3 anos, e da MI 19 – Rosário Oeste para TR 25 – Maringá, que posteriormente abastece Paranaguá e São Francisco do Sul, mas tem movimentação expressiva somente no ano de 2012, como mostra a Tabela 5-22 de rotas intermediárias.

Tabela 5-22. Rotas intermediárias utilizadas por ano em CM-T – DNCDRH

Hub de origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 02	TR 26	325,57	525,69	323,99
MI 05	MI 19	0,00	0,00	199,02
MI 12	TR 25	0,00	0,00	142,26
MI 19	TR 25	27,48	133,11	409,21
MI 21	TR 26	65,77	0,00	0,00
MI 21	MI 19	0,00	0,00	46,74

Deste modo, os pontos de transbordo são diretamente responsáveis por coletar e enviar a maior parte da soja. Também é possível observar que os pontos de transbordo que atendem portos com baixa demanda, como por exemplo o Porto de Vitória e o Porto de São Luís, tendem a atuar como pontos de armazenamento de soja que passam de uma safra para outra. Este comportamento pode ser claramente observado na TR 27 – Porto Nacional (TO) na Figura 5-14.

Já os outros pontos de transbordo, como TR 23 – São Simão (GO) /Anhembi (SP), TR 25 – Maringá (PR) e TR 26 – Porto Velho (RO), tendem a reduzir ou zerar seus estoques ao final de cada safra.

Outras mudanças significativas de comportamento nos estoques e entregas deste cenário são: o uso intensivo da MI 13 – Médio Araguaia, que durante os períodos de colheita, coleta a soja do polo produtor e envia no mesmo período para o Porto de Santos, Macrorregião 2; o TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP) que apesar da alta capacidade e grande quantidade de soja coletada não realiza entregas na mesma intensidade, desperdiçando, assim, um o grande potencial de consolidação, Macrorregião 3; e a MI 19 – Rosário do Oeste, que é utilizada poucas vezes como pontos de redirecionamento de soja, Macrorregião 4.

Apesar de não apresentar as características estratégicas até agora observadas, o cenário apresenta uma concentração das rotas de envio de soja para o Porto de Santos, que na maior parte é atendido pelo TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) e tem sua demanda complementada pelo abastecimento da MI 13 – Médio Araguaia, como mostra a Tabela 5-23.

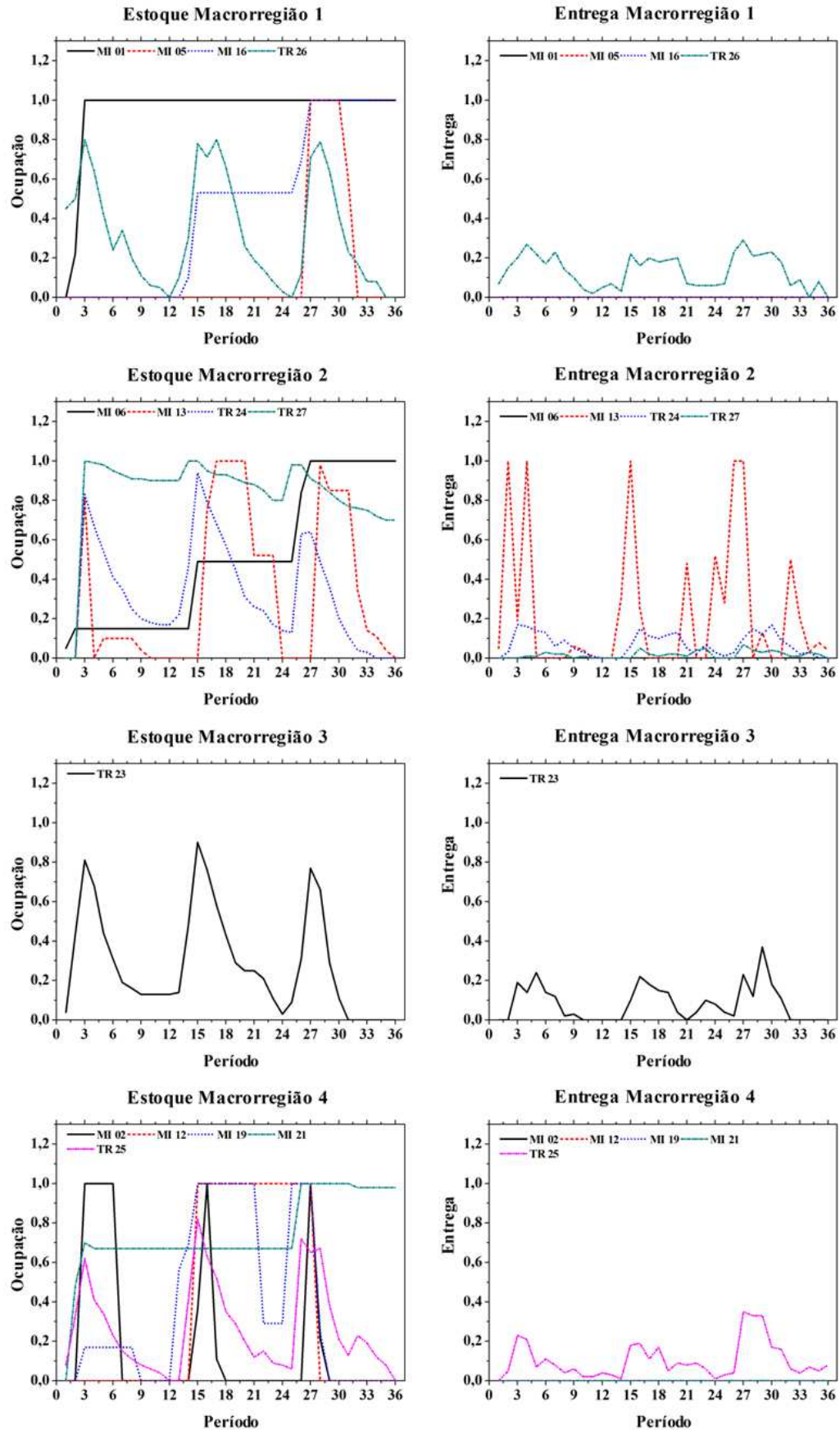


Figura 5-14. Estoques/entregas por macrorregião em CM-T – DNCDRH

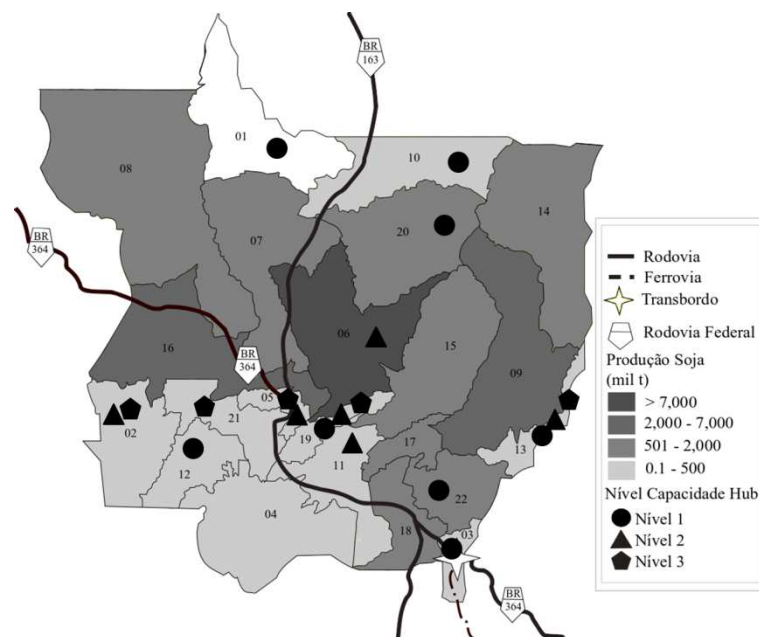
Tabela 5-23. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM-T - DNCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 13	PO 32	687,99	752,63	959,45
TR 23	PO 32	4.414,42	5.295,76	5.384,92
TR 24	PO 31	867,58	859,40	782,96
TR 25	PO 33	613,26	839,10	1.249,30
TR 25	PO 34	314,60	229,55	450,83
TR 26	PO 28	1.151,80	985,63	1.125,31
TR 26	PO 29	504,31	513,45	528,11
TR 27	PO 30	100,76	197,99	282,37

Por apresentar demanda anual inferior ou pouco maior do que a capacidade dos pontos de transbordo que os abastece, os demais portos não são abastecidos por seus pontos de transbordo.

5.3.2.4 EECM-T

A configuração deste cenário apresenta grandes alterações, quando comparada ao cenário CM-T da Seção 5.3.2.3, pois, apesar de instalar um número menor de hubs, estes estão espalhados por mais microrregiões. Logo, o cenário EECM-T instala 24 hubs, dos quais 18 estão localizados dentro do Estado do MT e distribuídos por 13 microrregiões, como mostra a Figura 5-15.

**Figura 5-15. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM-T - DNCDRH**

Mesmo com as variações na configuração da rede, o cenário mantém constante a capacidade total instalada. Porém, a capacidade instalada nos pontos de transbordo é diminuída e a única expansão entre eles é no TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembí (SP), que tem sua capacidade atual duplicada. Assim, há uma maior capacidade instalada dentro do Estado e áreas importantes que abastecem o Porto de Santos e de Paranaguá e São Francisco do Sul voltam a compor o conjunto de hubs, como mostra a Tabela 5-24.

Também é possível observar que, mesmo realizando expansões, há um número menor de áreas expandidas, sendo que a maior parte delas está concentrada na região Central do Estado.

Os pontos de alta concentração da capacidade instalada também diminuem, no entanto, a MI 06 – Alto Teles Pires tem sua capacidade atual dobrada, e assim sua capacidade instalada representa mais da metade de toda a capacidade instalada dentro do Estado. Os demais hubs com alta capacidade são MI 20 - Sinop, MI 11 - Cuiabá, MI 21 – Tangará da Serra e MI 03 – Alto Araguaia.

Tabela 5-24. Hubs e capacidade instalada em EECM-T - DNCDRH

Hubs	Capacidade Instalada (mil t)	Capacidade instalada por região (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 02 – Alto Guaporé	325,57	
MI 03 – Médio Araguaia	1.033,70	
MI 05 – Alto Paraguai	165,85	
MI 06 – Alto Teles Pires	17.637,75	
MI 10 – Colíder	246,67	
MI 11 – Cuiabá	1.236,45	25.272,99
MI 12 – Jauru	23,71	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 19 – Rosário do Oeste	163,44	
MI 20 – Sinop	2.248,45	
MI 21 – Tangará da Serra	1.164,47	
MI 22 – Tesouro	383,85	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembí(SP)	2.000,00	
TR 24 – Araguari (MG)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	6.000,00
TR 26 – Porto Velho (RO)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	

Como esperado, com incentivo a economia de escala, a maior parte da soja com destino aos portos é transportada através de rotas intermediárias e, como há um maior número de localidades com hubs instalados, o número de rotas intermediárias também aumentou, como mostra a Tabela 5-25.

Tabela 5-25. Rotas intermediárias utilizadas por ano em EECM-T – DNCDRH

Hub de origem	Hub intermediário	Quantidade transportada (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 02	TR 26	976,72	733,67	776,05
MI 03	TR 23	0,00	1.072,34	1.631,51
MI 05	MI 19	0,00	0,00	165,85
MI 11	TR 23	1.710,05	1.645,94	1.828,57
MI 11	TR 25	0,00	0,00	1,59
MI 12	TR 25	0,00	0,00	23,71
MI 13	TR 23	1.145,13	1.404,23	1.261,11
MI 19	TR 25	553,67	653,78	891,39
MI 21	TR 26	197,61	459,54	13,51
MI 21	TR 23	543,72	623,51	0,00
MI 21	MI 19	0,00	0,00	235,21
MI 22	TR 23	842,43	586,50	383,85

Observando a Tabela 5-25 e a Figura 5-16, que apresenta o comportamento dos estoques e entregas, é possível afirmar que há uma mudança na utilização dos hubs e das rotas intermediárias ao longo dos anos.

Com uma demanda menor no ano de 2010, a MI 03 – Alto Araguaia não é utilizada para estoque ou entrega e o Porto de Santos é atendido pelas MI 11 – Cuiabá e MI 13 – Médio Araguaia que redirecionam a soja através do TR 23 – São Simão (GO)/Anhembí (SP). Já o Porto de Paranaguá e São Francisco do Sul recebem a soja que foi redirecionada apenas pela MI 19 - Rosário Oeste.

Com o constante aumento nas exportações, no ano de 2011 a MI 03 – Alto Araguaia passa a ser utilizada, no entanto, seu fluxo é totalmente enviado ao TR 23 para seguir consolidado por hidrovia. Já em 2012, que apresenta a maior quantidade de soja exportada pelos períodos considerados, é necessário utilizar todas as rotas apresentadas pela Tabela 5-25.

No pico das exportações do ano de 2012, 27º período, o TR 23 não tem capacidade suficiente para atender a demanda do Porto de Santos, logo, a MI 03 – Alto Araguaia, MI 11 – Cuiabá e MI 13 – Médio Araguaia realizam entregas de pequenas quantidades de soja ao porto, como mostra a Tabela 5-26.

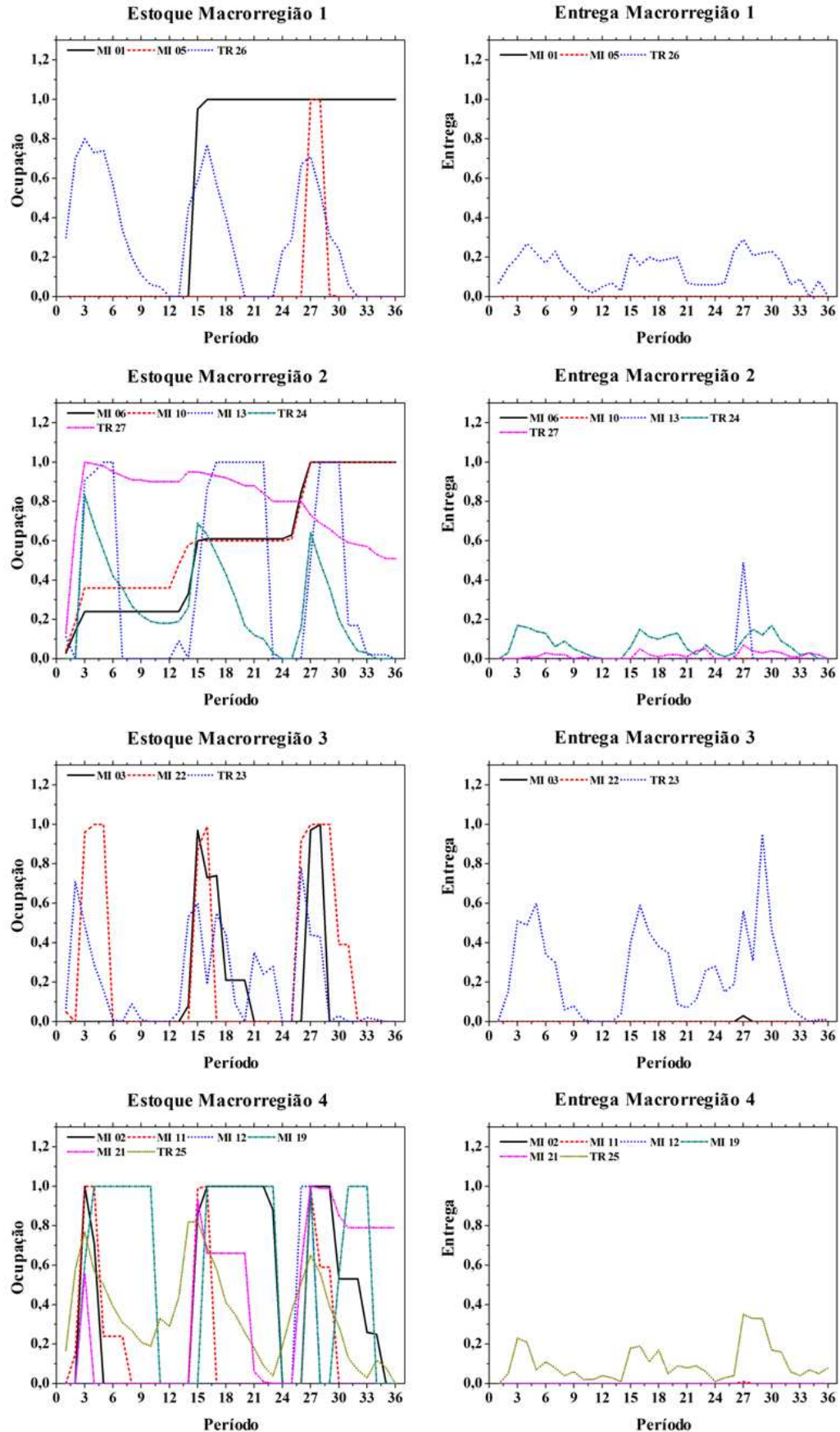


Figura 5-16. Estoques/entregas por macrorregião em EECM-T – DNCDRH

Tabela 5-26. Rotas de entrega de soja aos portos por ano em EECM-T - DNCDRH

Hub	Porto	Quantidade entregue (mil t)		
		2010	2011	2012
MI 03	PO 32	0,00	0,00	32,40
MI 11	PO 32	0,00	0,00	8,17
MI 13	PO 32	0,00	0,00	287,20
TR 23	PO 32	5.102,43	6.048,38	6.016,60
TR 24	PO 31	867,58	859,40	782,96
TR 25	PO 33	613,26	839,10	1.249,30
TR 25	PO 34	314,60	229,55	450,83
TR 26	PO 28	1.151,80	985,63	1.125,31
TR 26	PO 29	504,31	513,45	528,11
TR 27	PO 30	100,76	197,99	282,37

5.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo foi desenvolvido o modelo dinâmico com múltiplos níveis de capacidade de design de rede de hubs - DNCDRH, no qual o objetivo foi desenvolver uma ferramenta de análise que permite identificar as áreas onde os hubs devem ser instalados e a capacidade com que estes hubs devem operar para tomar a rede ótima.

Para este modelo também foi realizada a análise de sensibilidade por avaliação dos 4 cenários propostos: CM – Custo de mercado, EECM – Custo de mercado com economia de escala, CM-T – Custo de mercado com armazenamento de soja permitido nos pontos de transbordo e EECM-T – Custo de mercado com economia de escala e armazenamento de soja permitido nos pontos de transbordo. Além da análise de sensibilidade foram realizadas análises para 1 ano (12 meses) para safra de 2012 e 3 anos (36 meses) para as safras de 2010, 2011 e 2012.

A possibilidade de expansão das capacidades concentrou os hubs na região Central e Sul do Estado do Mato Grosso. Esta concentração é consequência da grande quantidade de fluxo destinada aos portos de Santos (SP) e Paranaguá (SC).

Para a análise de 1 ano com política de estoque atual, onde o armazenamento de soja é permitido apenas dentro do Estado, cenários CM e EECM, foram identificadas 8 áreas em comum aos cenários e que tiveram sua capacidade expandida em pelo menos um dos cenários. Estas áreas são: (1) MI 02 – Alto Guaporé: esta localizada ao lado da MI 16 – Parecis, que possui grande produção, e oferece a rota financeiramente mais econômica com destino aos portos de Manaus (AM) e Santarém (PA). Além disso, é viável que a microrregião atenda os portos do Sul do país; (2) MI 03 – Alto Araguaia: é o único ponto de transbordo localizado dentro do Estado e

está geograficamente próximo do ponto de transbordo TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) o que favorece o transporte da soja ao Porto de Santos. A microrregião também possui fácil acesso rodoviário para a soja proveniente da região Noroeste e Central do Estado, pois é cortada pela BR 364; (3) MI 06 – Alto Teles Pires: apesar de sua capacidade não ter sido expandida, a relevância de sua capacidade atual e localização geográfica torna esta microrregião um ponto estratégico para o transporte e armazenamento. Sua localização Central no Estado permite que atenda a demanda de qualquer porto sem grandes ônus. No entanto, foi constatado que o transporte ocorreu sempre para os portos do Sul e Sudeste através de redirecionamento e/ou consolidação; (4) MI 11 – Cuiabá: localizada na região Centro-Sul do Estado, a microrregião é cortada pelo trecho da BR 163 que dá acesso à BR 364, e isto permite que a microrregião abasteça os portos do Sul e Sudeste do país. Sua capacidade de armazenamento atual é baixa, mas por causa de sua importância ela foi expandida em ambos os cenários; (5) MI 12 – Jauru: esta localizada numa região intermediária que atende os portos do Norte e do Sul, seu fluxo sempre é redirecionado/consolidado antes de seguir aos portos. A microrregião possui baixa capacidade de armazenamento e teve sua capacidade expandida em níveis distintos, dependendo da necessidade e importância para o cenário; (6) MI 13 – Médio Araguaia: por estar localizada na fronteira Sudeste do Estado, a microrregião tem acesso ao Porto de São Luís, ao Porto de Vitória e ao Porto de Santos, portanto, esta é uma área estratégica para o transporte. Além disso, a MI 13 é vizinha da MI 09 – Canarana que é um grande polo produtor. No entanto, a microrregião possui capacidade de armazenamento/manuseio baixa e sua capacidade foi quintuplicada em ambos os cenários; (7) MI 19 – Rosário Oeste: está localizada na região Central do Estado e atua como redirecionadora de fluxo já que faz fronteira ao Norte com importantes polos produtores como MI 06, MI 15 e MI 16. A microrregião tem baixíssima capacidade instalada e por isso sua capacidade foi quintuplicada em ambos os cenários; e (8) MI 21 – Tangará da Serra: a microrregião faz fronteira com MI 16 – Parecis, grande polo produtor. Além disso, ela tem acesso às duas principais rodovias federais que atravessam o Estado, a BR 163 e BR 364. Por ter baixa capacidade instalada, sua capacidade foi triplicada ou quadruplicada dependendo da necessidade do cenário.

Para os cenários de CM-T e EECM-T, a possibilidade de estocar soja nos pontos de transbordo causa uma diminuição no número de expansões de capacidade dentro do Estado, mantendo as principais microrregiões anteriormente comentadas, e um deslocamento do fluxo para fora do Estado.

Como o Porto de Santos é o maior demandante de soja, o TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) tem sua capacidade atual dobrada para o cenário CM-T, e deste modo, o ponto de transbordo tem forte participação na coleta. Para o cenário EECM-T, o TR 23 tem sua capacidade atual instalada, porém o transporte do fluxo até ele é alto e conta com o incentivo de economia de escala nos trechos MI 03 – TR 23, MI 11 – TR 23 e MI 13 – TR 23.

Na análise de 3 anos, em termos de localizações de hubs, destacou-se a utilização das mesmas áreas da análise de 1 ano e a utilização de microrregiões do Norte de Estado para o armazenamento de excedente de soja.

A microrregião da região Norte do Estado escolhida como ponto para instalação de hub comum a ambos os cenários foi a MI 20 – Sinop, localizada ao Norte da MI 06 e com acesso à rodovia federal BR 163. Outras microrregiões da região Norte também foram escolhidas como áreas para instalação de hubs, dependendo do cenário analisado. Um número maior de microrregiões é escolhida para os cenários CM e EECM e menor para CM-T e EECM-T.

Com o aumento da demanda no decorrer dos anos foi possível identificar a utilização de novas rotas, como por exemplo, o abastecimento da TR 26 – Porto Velho (RO) no cenário de CM, no ano de 2010 ele é abastecido pelo MI 21 – Tangará da Serra, mas em 2012, ele passa a ser abastecido pela MI 08 – Aripuanã. Além de mudanças deste gênero, há as mudanças ou criação de rotas causadas pelo incentivo a economia de escala.

De modo geral, as rotas de entregas dos hubs aos portos tendem aumentar o fluxo transportado ao longo dos anos, devido ao aumento de demanda. Apenas para os cenários com incentivo a economia de escala, nota-se, no ano de 2012, o aumento no número de rotas de entregas utilizadas. Estas rotas, em geral, transportam pequenas quantidades de soja, o que indica que esta soja foi enviada ao porto por falta de capacidade de armazenamento e, neste caso, o transporte foi uma opção melhor do que a instalação de um novo hub para coletar esta soja.

CAPÍTULO 6 . O MODELO DINÂMICO COM MÚLTIPLOS NÍVEIS DE CAPACIDADE DE DESIGN DE REDE DE HUBS ESTENDIDO

6.1 INTRODUÇÃO

A cadeia de exportação da soja tem seu início nos polos produtores, passa pelos pontos de redirecionamento/consolidação, portos e termina quando a soja é entregue ao país demandante. Além dos problemas de transporte e de capacidade de armazenagem abordados até agora por este trabalho, esta cadeia também está sujeita aos problemas de infraestrutura portuária do país que compromete o trecho final da cadeia.

Os problemas portuários brasileiros tem início com as vias de acesso aos portos e vão até a dificuldade de atracamento e liberação dos navios. Apesar do conjunto de todos estes problemas terem impacto no desempenho final dos portos, a falta de capacidade de recepção, manuseio e expedição é o principal ponto de interesse deste trabalho.

Nos últimos anos, a produção brasileira de grãos tem apresentado um crescimento constante, e consequentemente, um aumento nas suas exportações. Mesmo com as previsões do ritmo de crescimento da produção o setor de infraestrutura portuária não recebeu investimentos capazes de adequar os portos à nova quantidade de fluxo.

Como consequência desta defasagem de quantidade a ser movimentada, e capacidade de movimentação, surgem as filas de espera para descarregar as mercadorias nos portos, o atraso nos prazos de envio das mercadorias, a perda de contratos de venda, diminuição da competitividade do país etc.

Para solucionar este problema, algumas propostas têm sido estudadas, como por exemplo, o trabalho de Pinheiro e Caixeta-Filho (2010) que analisa a viabilidade de escoar a soja com destino à exportação pelos portos de Santos (SP), Paranaguá (SC) e de Itaquí em São Luís (MA) através da análise de cenários. Ou ainda a tentativa de exportar a soja através dos portos de Santarém (PA) e Manaus (AM), que têm apresentado crescimento na exportação da soja proveniente do Estado do Mato Grosso.

No cenário atual de exportações, a maior parte da soja é exportada pelo Porto de Santos (SP) seguido por Paranaguá (PR), Manaus (AM), Vitória (ES), Santarém (PA), São Francisco do Sul (SC) e São Luís (MA), como mostra a Tabela 2-3. Porém, do ponto de vista de capacidade de

recepção/manuseio e expedição, os portos de maior movimentação não apresentam capacidade real para lidar com este fluxo.

O impacto de considerar esta movimentação nos portos impacta diretamente no design da rede dentro do país e no Estado do Mato Grosso. Portanto, este capítulo propõe um estudo do design da rede mediante a capacidade de movimentação dos portos e que abranja a rede do polo produtor até o país demandante.

6.2 MODELO MATEMÁTICO

Para que o modelo seja capaz de realizar o design da rede de exportação do polo produtor até o país demandante é necessário que o fluxo seja roteado através de mais hubs, pois agora os portos passam a ser localidades com potencial para a instalação de hubs. Neste caso é permitido que o fluxo passe por no máximo 5 hubs por período. Ou seja, para que além do porto, que obrigatoriamente é hub, localidade por meio da qual a soja deixa o país, a soja pode passar por, no máximo outros dois hubs no interior do país, desde que seja financeiramente vantajoso.

Assim, considere que para o modelo Dinâmico com múltiplos níveis de capacidade de design de rede de hubs estendido (DNCDRHE), similar aos modelos anteriores, a rede: seja $\mathcal{G} = (\mathcal{N}, \mathcal{A})$ um grafo completo, onde $\mathcal{N} = \{1, 2, \dots, n\}$ o conjunto de nós e $\mathcal{A}$ o conjunto de arcos do problema. Γ_{ks} - capacidade s disponível para instalação no nó k , c_{ij}^t - custo de utilização do arco (i, j) no período t , F_{ks} - custo fixo para abertura de um hub em k com capacidade s , O_i^t - quantidade demandada do nó i no período t , D_j^t - quantidade consumida pelo nó j no período t , γ_k^t - custo de armazenamento por unidade de fluxo no hub k no período t . Considere α - fator de desconto obtido pela economia de escala e M – um número grande.

As variáveis de decisão do problema são: X_{ik}^t - a quantidade de fluxo coletada do nó i pelo hub k no período t , Y_{kl}^{tm} - quantidade de fluxo transportada do hub k para o hub l com origem no hub m no período t , Z_{lj}^t - quantidade de fluxo entregue pelo hub l para o destino j no período t , ε_k^t - quantidade de fluxo estocada no hub k no período t e $H_{ks} = 1$ se no nó k é instalado um hub de capacidade s e 0 c.c.

Formulação:

$$\min \sum_t [\sum_i \sum_k c_{ik}^t X_{ik}^t + \alpha \sum_k \sum_l \sum_m (c_{mk}^t + c_{kl}^t) Y_{kl}^{tm} + \sum_l \sum_j c_{lj}^t Z_{lj}^t] + \sum_k \sum_s F_{ks} H_{ks} + \sum_t \sum_k \varepsilon_k^t \gamma_k^t \quad (28)$$

Sujeito a:

$$\sum_k X_{ik}^t = P_i^t \quad \forall i \in N, t \in T \quad (29)$$

$$\sum_l Z_{lj}^t = D_j^t \quad \forall j \in N, t \in T \quad (30)$$

$$\varepsilon_k^{t-1} + \sum_i X_{ik}^t + \sum_m \sum_l Y_{lk}^{tm} = \varepsilon_k^t + \sum_m \sum_l Y_{ml}^{tk} + \sum_j Z_{kj}^t \quad \forall k \in N, t \in T \quad (31)$$

$$\varepsilon_k^{t-1} + \sum_i X_{ik}^t + \sum_m \sum_l Y_{lk}^{tm} + \sum_m \sum_l Y_{kl}^{tm} \leq \sum_s \Gamma_{ks} H_{ks} \quad \forall k \in N, t \in T \quad (32)$$

$$X_{ik}^t \leq P_i^t \sum_s H_{ks} \quad \forall i, k \in N, t \in T \quad (33)$$

$$Z_{lj}^t \leq D_j^t \sum_s H_{ls} \quad \forall j, l \in N, t \in T \quad (34)$$

$$Y_{lk}^{tm} \leq M \sum_s H_{ms} \quad \forall m, k, l \in N, t \in T \quad (35)$$

$$Y_{lk}^{tm} \leq M \sum_s H_{ls} \quad \forall l, k, m \in N, t \in T \quad (36)$$

$$Y_{lk}^{tm} \leq M \sum_s H_{ks} \quad \forall k, m, l \in N, t \in T \quad (37)$$

$$Z_{lj}^t, Y_{kl}^{tm}, X_{ik}^t, \varepsilon_k^t \geq 0 \quad \forall k, l, i, j, m \in N, t \in T \quad (38)$$

$$H_{ks} \in \{0, 1\} \quad \forall k \in N, s \in S \quad (39)$$

A Eq. (28) descreve a função objetivo do problema, que minimiza o transporte do fluxo da carga da origem até seu destino final, o custo da abertura de hubs, de acordo com os níveis e localidades escolhidas, e o custo de armazenagem do produto. A Eq. (29) representa a conservação de fluxo do nó de origem i que pode ser alocado a mais de um hub, no entanto, o fluxo total que sai de i no período t e é destinado a diferentes hubs deve ser igual a todo fluxo disponível em i no período t . A Eq. (30) é de conservação de fluxo do nó destino j , o fluxo com destino a j no período t pode passar por diferentes hubs, mas a quantidade desse fluxo sempre deve ser igual à de-

manda de j no período t . A Eq. (31) é a conservação nos hubs, todo fluxo armazenado no hub k no período $t-1$ mais o fluxo que entra em um hub k , que tem origem no nó i não-hub ou de origem em outro hub m no período t deve ser igual ao que fica armazenado no hub k no período t mais o que sai deste hub, com destino ao nó não-hub j ou a outro hub l no período t . Na Eq. (32) o fluxo armazenado no hub k no período $t-1$ mais a soma de todo o fluxo destinado ao hub no período t , seja pela origem ou por outro hub, não pode exceder a capacidade aberta. As Eq. (33), (34), (35), (36) e (37) garantem que não há fluxo direto entre nós não-hubs. As Eq. (38) e (39) define as variáveis contínuas e binárias, respectivamente.

O modelo DNCDRHE é um modelo inteiro misto, e possui ns variáveis binárias, $n^3t + 2n^2t + nt$ variáveis contínuas e $3n^3t + 2n^2t + 4nt$ restrições.

6.3 RESULTADOS COMPUTACIONAIS

A análise dos modelos baseou-se nas variações de políticas de transporte e de armazenamento, logo, são avaliados os cenários de CM – Custo de Mercado, EECM – Custo de Mercado com economia de escala, CM-T – Custo de Mercado com possibilidade de armazenamento nos pontos de transbordo e EECM-T – Custo de Mercado com economia de escala e possibilidade de armazenamento nos pontos de transbordo.

Com a inclusão dos portos como candidatos a hubs, os mesmos também passam a ser analisados em termos de capacidade aberta, de acordo com os níveis de capacidade instalados, segundo a Tabela 2-6. No entanto, a expansão de alguns portos, como o de Santos, por exemplo, está sujeita à disponibilidade de espaço e/ou a altos custos que podem inviabilizar a expansão.

Considerando que o Porto de Santos é um grande gargalo na exportação de soja, este foi o porto escolhido para avaliar as condições de expansão. Para avaliar o impacto causado pela sua capacidade de escoamento, foram consideradas duas situações: na primeira, o porto não pode realizar expansões, ou seja, tem disponível apenas o Nível 1 de capacidade para ser instalado, chamada de Capacidade de Santos Não-Expansível; e a segunda, o porto possui disponibilidade de expansão da capacidade, ou seja, possui os 3 níveis de capacidade disponíveis para ser instalado, chamada de Capacidade de Santos Expansível.

Para as instâncias avaliadas foram considerados as microrregiões que compõem o Estado

do Mato Grosso, os pontos que compõem as principais rotas de exportação, como pontos de transbordo e portos marítimos, e os principais países compradores de soja de MT. Então, essa rede inclui 39 nós que são: as 22 microrregiões, os 5 pontos de transbordo localizados fora do Estado, os 7 maiores portos responsáveis para enviar a soja até que os mercados demandantes e os 5 países de maior importador de soja do MT.

6.3.1 CAPACIDADE DE SANTOS NÃO-EXPANSÍVEL

A análise do caso do Porto de Santos sem expansão visa avaliar o comportamento da cadeia de exportação da soja, dada a restrição de capacidade do porto.

Desde modo, os cenários CM, EECM, CM-T e EECM-T são avaliados considerando que o Porto de Santos não possui espaço para expansão e trabalha com a capacidade atual disponível para o Estado do Mato Grosso, ou seja, só é possível estabelecer o nível 1 de capacidade. A Tabela 6-1 apresenta os resultados gerais obtidos. Na primeira coluna é especificado o cenário analisado, em seguida, o número de hubs abertos - H, o custo total - CTotal, o custo de coleta - CColeta, o custo de entrega - CEntrega, o custo de movimentação da carga entre os hubs - CHub, o custo total de transporte - CTransporte (onde, CTransporte = CColeta + CEntrega + CHub), o custo de abertura - CAbertura, o custo de estoque - CEstoque, o tempo em segundos e o GAP da solução obtida.

Tabela 6-1. Resultados gerais para restrições no Porto de Santos.

Cenários	H	CTotal (milhões US\$)	CColeta (milhões US\$)	CEntrega (milhões US\$)	CHub (milhões US\$)	CTransporte (milhões US\$)	CAbertura (milhões US\$)	CArmazena (milhões US\$)	CPU (s)	GAP (%)
CM	24	3.397,65	542,69	499,17	730,08	1.771,95	918,21	707,47	6.632,85	0,02
EECM	24	3.249,82	520,13	499,34	604,34	1.623,82	918,52	707,47	6.849,48	0,03
CM-T	23	3.321,56	745,19	494,43	469,32	1.708,95	905,12	707,47	6.139,92	0,04
EECM-T	34	3.210,26	607,71	495,52	494,39	1.597,63	905,15	707,47	12.784,43	0,01

A determinação do porto a ser utilizado baseia-se nos custos da rota marítima do porto ao destino final, no volume exportado para este destino, na capacidade disponível do porto e seu custo de abertura. Por exemplo, na safra 2012 o volume de soja exportado para China foi o dobro da quantidade exportada a todos os outros países, deste modo, o transporte de carga para China influencia na decisão dos portos abertos.

Outra importante consideração sobre os portos inclui não apenas os portos escolhidos, mas também os níveis de capacidade instalados. O primeiro nível é 33% da capacidade atual dos armazéns graneleiros e o segundo e terceiro nível são 66% e 99%, respectivamente. Deste modo, quando o terceiro nível é aberto, isto significa que a capacidade total do armazém graneleiro do porto está dedicado ao transporte da soja proveniente do Mato Grosso ou, por exemplo, quando os 3 níveis de capacidade são abertos, significa que a capacidade total instalada, praticamente dobrou, em relação a capacidade graneleira atual. É importante destacar que a hipótese é de ampliação da atual capacidade de armazenamento destes portos, e não simplesmente dedicar a atual capacidade inteiramente para a soja de MT. Pois, assumir que um porto como Santos ou Paranaguá é totalmente dedicado a uma região é incoerente.

Logo, as indicações de capacidade sugerem a expansão destas localidades, sendo necessário avaliar a possibilidade da mesma.

Devido aos custos marítimos, os Portos de Santos, Paranaguá e de São Francisco do Sul são abertos e além destes é escolhido o Porto de São Luís. A escolha do Porto de Santos é baseada na vantagem econômica das rotas marítimas em relação aos outros portos. Já a escolha de Paranaguá é um caminho natural, pois é o segundo menor custo marítimo, atrás de Santos, e com alta capacidade graneleira a ser estabelecida. São Francisco do Sul tem os custos marítimos iguais aos de Paranaguá, pois os dois portos são geograficamente próximos, no entanto, tem baixíssima capacidade graneleira, e atua como uma extensão de Paranaguá. Já o Porto de São Luís, apesar de possuir custos marítimos maiores do que o de Santos, Paranaguá e São Francisco do Sul, tem a vantagem de ter alta capacidade graneleira, suprimindo assim a demanda, o que descarta a necessidade de abrir um 5º porto. A capacidade graneleira dos portos pode ser observada na Tabela 2-6.

6.3.1.1 CM

Com a abertura de portos nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do país há 3 eixos do fluxos que partem do Estado de MT. Desde modo, há uma distribuição de hubs nestas regiões. No total são estabelecidos 24 hubs distribuídos em 15 localidades, das quais 9 estão localizados dentro do Estado, como mostra a Figura 6-1.

Além das 9 localidades e dos 4 portos, anteriormente mencionados, são instalados 2 pontos de transbordo, o TR 25 – Maringá (PR) que atende o Porto de Paranaguá e São Francisco do Sul e o TR 27 – Porto Nacional (TO) que atende o Porto de São Luís (MA). A capacidade instalada em cada hub, ponto de transbordo e portos, assim como as capacidades totais, são apresentadas na Tabela 6-2.

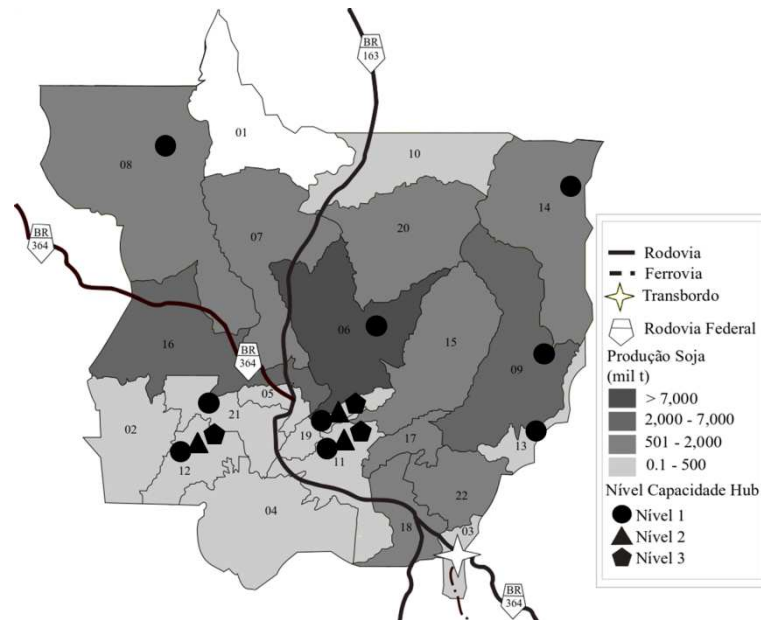


Figura 6-1. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DNCDRHE

Tabela 6-2. Hubs e capacidades instaladas em CM - DNCDRHE

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 09 – Canarana	1.701,71	
MI 11 – Cuiabá	3.709,35	
MI 12 – Jauru	142,26	15.787,95
MI 13 – Médio Araguaia	98,14	
MI 14 – Norte Araguaia	296,83	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	2.000,00
PO 30 – Porto de São Luís (MA)	871,20	
PO 32 – Porto de Santos (SP)	132,00	
PO 33 – Porto de Paranaguá (PR)	1.423,95	2.616,90
PO 34 – Porto de São Francisco do Sul (SC)	189,75	

Devido à baixa capacidade do Porto de Santos, nas regiões que favorecem o transporte da soja para o porto, não são instalados hubs, como por exemplo, MI 03 – Alto Araguaia, MI 17 –

Primavera do Leste, MI 18 - Rondonópolis, MI 22 – Tesouro e TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP).

Como os pontos de consolidação que chegam ao Porto de Santos não foram escolhidos como hubs, MI 03 e TR 23, a soja é transportada para o porto por rodovia. No entanto, como o modelo DNCDRHE permite que a soja seja roteada por um número maior de hubs, as rotas intermediárias incluem um hub a mais, como mostra a Tabela 6-3.

Deste modo, o hub de origem é o hub que realiza a coleta da soja do polo produtor. Do hub de origem a soja segue para um hub intermediário, que será o hub responsável por entregar a soja ao porto, através de consolidação ou não, e o hub de destino é o hub que representa o porto de onde a soja segue para o seu destino final. A rota intermediária MI 09 – Canarana – TR 27 - Porto Nacional (TO) – PO 30 – Porto de São Luís representa uma rota de onde a soja é transportada consolidada entre o TR27 e o porto. Já a rota MI 06 – Alto Teles Pires – MI 11 – Cuiabá – PO 32 – Porto de Santos representa uma rota intermediária por onde a soja é transportada unicamente por rodovia.

Tabela 6-3. Rotas intermediárias em CM - DNCDRHE

Hub de origem	Hub intermediário	Hub de destino	Quantidade de soja transportada (mil t)
MI 06	MI 11	PO 32	5,82
MI 06	MI 11	PO 33	215,58
MI 06	MI 19	TR 25	554,35
MI 09	TR 27	PO 30	1.320,04
MI 09	MI 09	PO 32	28,02
MI 09	MI 13	PO 32	353,64
MI 11	TR 25	PO 33	3.693,01
MI 11	TR 25	PO 34	16,34
MI 12	TR 25	PO 33	142,26
MI 13	MI 13	PO 32	10,43
MI 13	TR 25	PO 33	77,27
MI 19	TR 25	PO 33	329,21
MI 19	TR 25	PO 34	163,44
MI 21	MI 11	PO 33	388,15
TR 25	TR 25	PO 33	1.282,84
TR 25	TR 25	PO 34	189,75
TR 27	TR 27	PO 30	781,75

Algumas rotas intermediárias podem utilizar apenas 2 hubs, indicando o mesmo hub de origem e intermediário, como é o caso da rota intermediária MI 13-Médio Araguaia – MI 13-Médio Araguaia – PO 32-Porto de Santos, ou mais do que 3 hubs como é o caso da rota intermediária que transporta soja da MI 06-Alto Teles Pires – MI 19-Rosário Oeste – TR 25-Maringá

(PR), e posteriormente esta soja segue do TR 25 para o PO 33 – Porto de Paranaguá (PR) ou PO 34 – Porto de São Francisco do Sul (SC).

No total, esta configuração apresenta 11 rotas de consolidação/redirecionamento utilizadas. De acordo com as rotas, a soja transportada via hubs para Santos é pequena, sendo que a maior rota de abastecimento é a MI 09 - Canarana – MI 13 - Médio Araguaia – PO 32 – Porto de Santos. A rota de maior utilização ainda favorece o Porto de Paranaguá, MI 11-Cuiabá – TR 25 - Maringá (PR) – PO 33 - Porto de Paranaguá.

Já o Porto de São Luís, por possuir apenas uma rota de acesso, pode ser abastecido somente pelo ponto de transbordo TR 27 – Porto Nacional (TO). A TR 27 é abastecida por coletas realizadas pelo ponto de transbordo ou pela entrega via hubs pela rota MI 09-Canarana – TR 27-Porto Nacional (TO) – PO 30-Porto de São Luís.

A Figura 6-2 apresenta o comportamento dos estoques em cada Macrorregião, pois, diferente do que foi considerado até o Capítulo 5, agora os portos é que realizam as entregas, já que os países demandantes são o destino final, e as entregas por porto são apresentadas separadamente.

Assim, segundo a Figura 6-2, os hubs da Macrorregião 1 atuam como hubs de armazenamento. A soja estocada na Macrorregião 2 atende o Porto de Santos e de São Luís, pois a Macrorregião 3 não armazenou soja, e o abastecimento do Porto de Santos foi realizado, principalmente, pelas MI 09 - Canarana e MI 13 - Médio Araguaia. Já a soja armazenada na Macrorregião 4 ficou dedicada a atender o Porto de Paranaguá e São Francisco do Sul

Em relação à soja exportada, 83,60% é roteada entre hubs antes de ser entregue aos portos e 16,40% entregues diretamente. A Tabela 6-4 apresenta o modo como a soja foi entregue aos portos, através de consolidação/redirecionamento via hubs ou transportada do polo produtor ao porto, e a quantidade destinada.

Tabela 6-4. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em CM - DNCDRHE

Portos	Tranporte	Quantidade recebida (mil t)
São Luís	Direto	0,00
	Via hubs	2.101,79
Santos	Direto	517,56
	Via hubs	397,93
Paranaguá	Direto	1.248,03
	Via hubs	6.128,35
São Francisco do Sul	Direto	0,00
	Via hubs	369,54

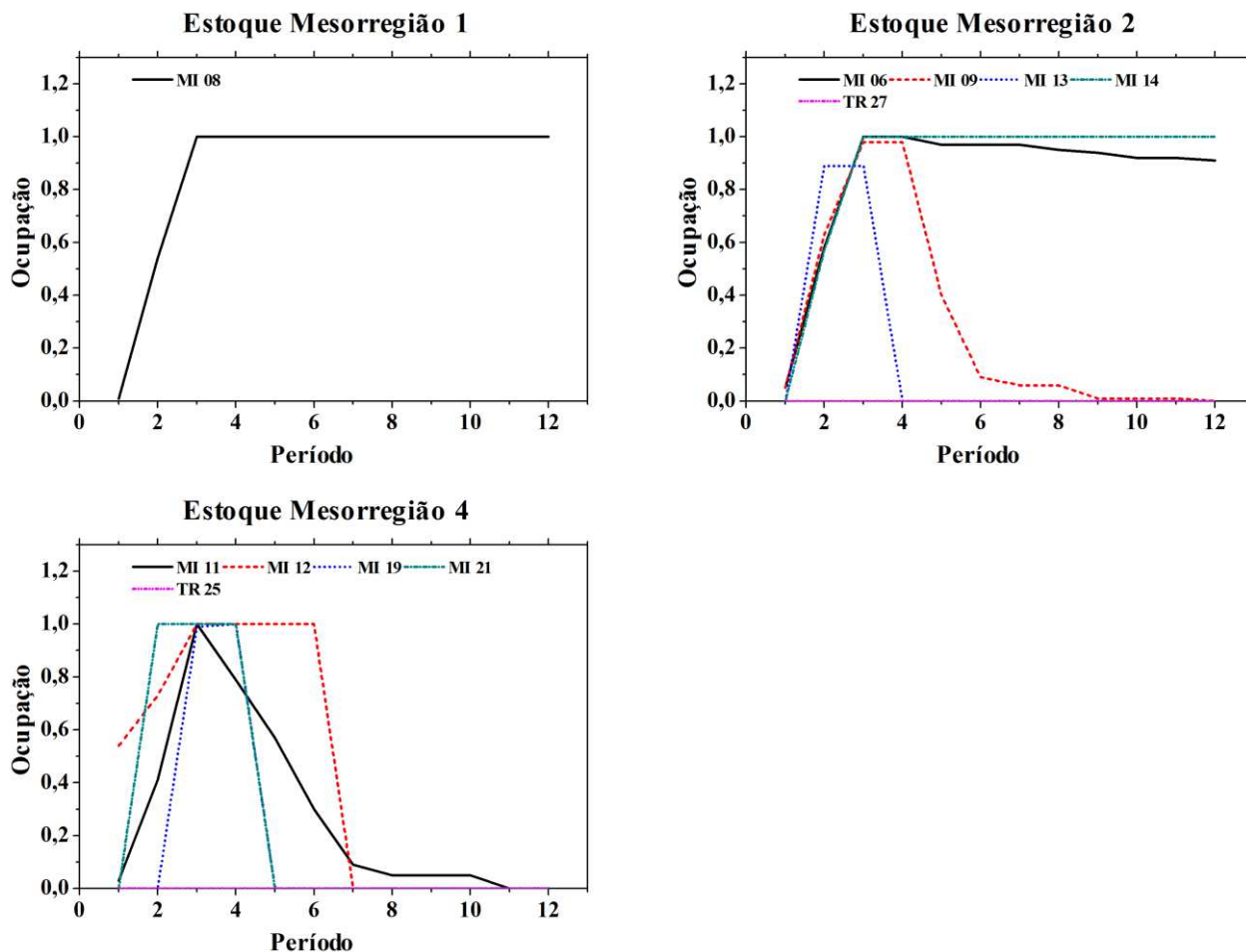


Figura 6-2. Estoques por macrorregião CM - DNCDRHE

Diferente do que ocorre nos capítulos anteriores, este capítulo decide por qual porto a soja será exportada e qual país demandante o porto vai atender, assim como a quantidade enviada. Portanto, a seguir é realizada uma análise de movimentação dos portos.

No período de pico das exportações, o PO 32 - Porto de Santos atua no máximo de sua capacidade, seguido por PO 33 - Paranaguá, PO 30 - São Luís e PO 34 - São Francisco do Sul, atua em diferentes períodos. O PO 30 - Porto de São Luís é utilizado no período de pico das exportações de com diferentes intensidades, chegando ao máximo de sua capacidade no 5º período. Nos períodos posteriores ao pico de exportação, a soja fica distribuída entre PO 33 - Paranaguá e PO 32 - Santos, como mostra a Figura 6-3.

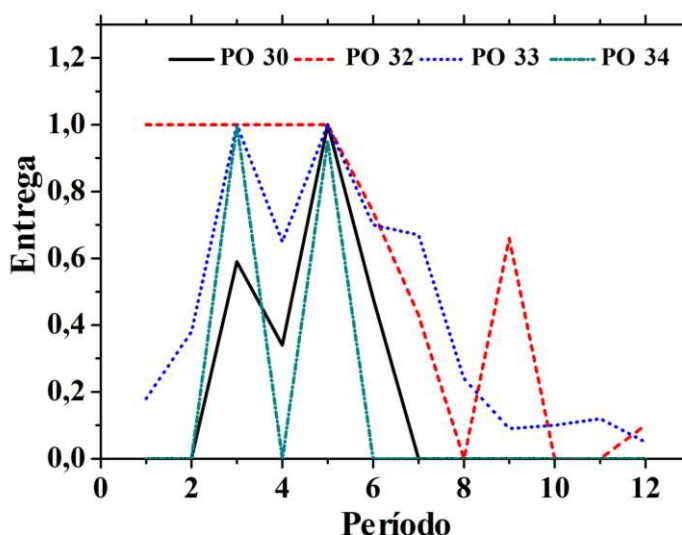


Figura 6-3. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em CM - DNCDRHE

A quantidade de soja enviada por porto para cada país demandante (DE) é apresentada na Tabela 6-5.

De acordo com a Tabela 6-5, a maior parte da soja destinada à China sai dos portos do Sul e Sudeste e a demanda é garantida pelo porto do Norte do país, enquanto a Alemanha é preferencialmente atendida pelo porto do Norte do país, devido às localizações geográficas.

Tabela 6-5. Destino da soja dos portos exportadores em CM - DNCDRHE

Porto	País demandante	Quantidade entregue (mil t)	Quantidade total entregue (mil t)
PO 30 – São Luís (MA)	DE 35 – Alemanha	1.027,38	2.101,79
	DE 36 – China	445,76	
	DE 37 – Espanha	351,60	
	DE 38 – Países Baixos	277,03	
PO 32 – Santos (SP)	DE 36 - China	915,50	915,50
PO 33 – Paranaguá (PR)	DE 35 – Alemanha	845,62	7.376,39
	DE 36 - China	5.356,80	
	DE 37 - Espanha	557,72	
	DE 38 – Países Baixos	226,31	
	DE 39 – Tailândia	389,92	
PO 34 – São Francisco do Sul (SC)	DE 36 - China	369,54	369,54

Uma análise detalhada das entregas porto-país demandante mostra que, no 5º período, a demanda da China é maior do que os portos de Santos (SP), Paranaguá (PR) e São Francisco do Sul (SC) são capazes de atender. Além disso, é necessário atender a demanda da Tailândia, país geograficamente próximo à China que utiliza a mesma rota marítima. Deste modo, Santos utiliza

toda sua capacidade para atender à China, Paranaguá utiliza sua capacidade para atender toda a demanda da Tailândia e o restante é utilizado para atender a China.

O restante da demanda da China é suprida pelos portos de São Francisco do Sul e São Luís. O que justifica a participação do Porto de São Luís na exportação de soja para China.

Observe que os custos das rotas marítimas que partem do Porto de Paranaguá e São Francisco do Sul são os mesmos, pois, como mencionado anteriormente na Seção 2.2.4, os portos estão geograficamente próximos e, em termos de rotas marítimas, a distância entre eles se torna insignificante. Deste modo, o Porto de São Francisco do Sul (SC) opera como uma extensão do Porto de Paranaguá (PR).

6.3.1.2 EECM

De modo similar ao observado até o momento, o incentivo à economia de escala provoca diversificação dos hubs estabelecidos. Logo, para este cenário são instalados 24 hubs que estão distribuídos em 16 localidades, das quais 10 estão localizados dentro do Estado, como mostra a Figura 6-4.

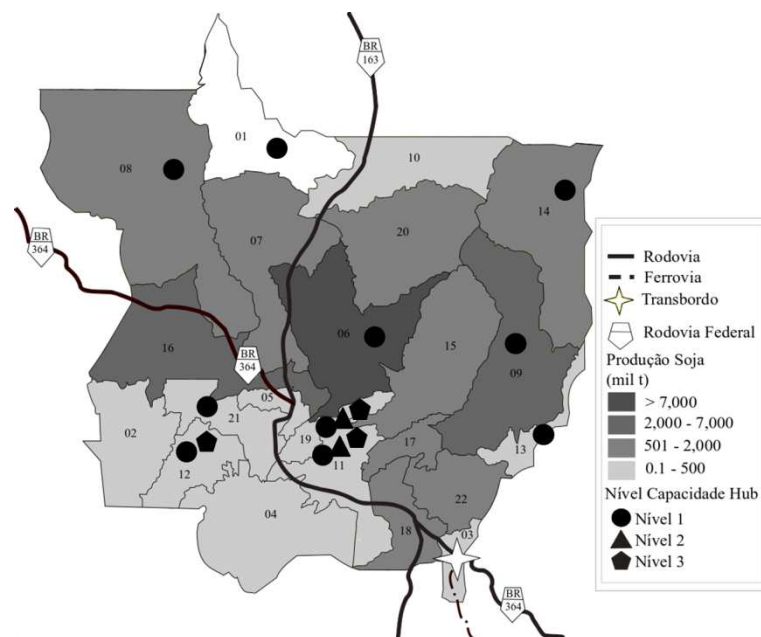


Figura 6-4. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM - DNCDRHE

No entanto, ao observar a localização dos hubs dentro do Estado é possível observar que a localidade hub que se distingue da Seção 6.3.1.1 é a MI 01 – Alta Floresta, que não representa uma localização geográfica estratégica para o transporte e nem capacidade de armazenamento significativa, como mostra a Tabela 6-6.

Em termos de capacidade total instalada dentro do Estado não houve alterações significativas. Já a capacidade dos pontos de transbordo e portos se mantiveram inalteradas.

Deste modo, as rotas intermediárias utilizadas para o transporte da soja são as mesmas das observadas na Seção 6.3.1.1 do cenário de CM, com exceção da rota MI 13- Médio Araguaia – TR 27 – Porto Nacional (TO) – PO 30 – Porto de São Luís que neste cenário é utilizada.

As quantidades transportadas também não sofrem grandes variações, dado que o Porto de Santos é o principal beneficiado pelo incentivo da consolidação, mas neste caso está com sua capacidade restrita.

Tabela 6-6. Hubs e capacidades instaladas em EECM - DNCDRH

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 09 – Canarana	1.701,71	
MI 11 – Cuiabá	3.709,35	
MI 12 – Jauru	94,84	15.794,71
MI 13 – Médio Araguaia	98,14	
MI 14 – Norte Araguaia	296,83	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
TR 25 – Maringá (PR)	1.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	1.000,00	2.000,00
PO 30 – Porto de São Luís (MA)	871,20	
PO 32 – Porto de Santos (SP)	132,00	
PO 33 – Porto de Paranaguá (PR)	1.423,95	2.616,90
PO 34 – Porto de São Francisco do Sul (SC)	189,75	

Logo, diante das condições do cenário, a sugestão de consolidação que se destaca é a da rota intermediária MI 09-Canarana – MI 13-Médio Araguaia – PO 32 – Porto de Santos, por transportar a maior quantidade de soja para Santos nos neste cenário e no anterior de CM (Seção 6.3.1.1).

Do total da soja exportada, 85,93% são escoadas via hubs e o restante, 14,07%, é enviado diretamente dos polos produtores aos portos. A Tabela 6-8 apresenta o modo como a soja foi en-

tregue aos portos, através de consolidação/redirecionamento via hubs ou transportada do polo produtor ao porto, e a quantidade destinada.

Tabela 6-7. Rotas intermediárias em EECM - DNCDRHE

Hub de origem	Hub intermediário	Hub de Destino	Quantidade de soja transportada (mil t)
MI 06	MI 11	PO 32	33,85
MI 06	MI 11	PO 33	215,58
MI 06	MI 19	TR 25	580,50
MI 09	MI 13	PO 32	409,70
MI 09	TR 27	PO 30	1.292,01
MI 11	TR 25	PO 33	3.633,61
MI 11	TR 25	PO 34	179,79
MI 12	TR 25	PO 33	284,53
MI 13	MI 13	PO 33	7,51
MI 13	TR 27	PO 30	28,02
MI 13	MI 13	PO 32	28,04
MI 13	TR 25	PO 33	42,05
MI 19	TR 25	PO 33	490,33
MI 19	TR 25	PO 34	19,50
MI 21	MI 11	PO 33	388,15
TR 25	TR 25	PO 33	1.249,53
TR 25	TR 25	PO 34	170,24
TR 27	TR 27	PO 30	783,81

Tabela 6-8. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em EECM - DNCDRHE

Portos	Transporte	Quantidade recebida (mil t)
São Luís	Direto	0,00
	Via hubs	2.103,85
Santos	Direto	410,46
	Via hubs	471,60
Paranaguá	Direto	1.103,94
	Via hubs	6.303,82
São Francisco do Sul	Direto	0,00
	Via hubs	369,54

Com a economia de escala e consolidação em MI 13 – Médio Araguaia, a soja transportada para Santos inverte a resultado observado no cenário CM, onde a maioria é transportada diretamente ao porto.

Já em relação aos estoques, nota-se a extensão dos estoques da MI 09 - Canarana, na Macrorregião 02, que abastece Santos e São Luís, o que significa que a soja que anteriormente era enviada do polo produtor ao porto esta sendo redirecionada/consolidada por hubs. O mesmo pode ser observado na Macrorregião 4 que direciona a soja ao Porto de Paranaguá e São Francisco do Sul, como mostra a Figura 6-5.

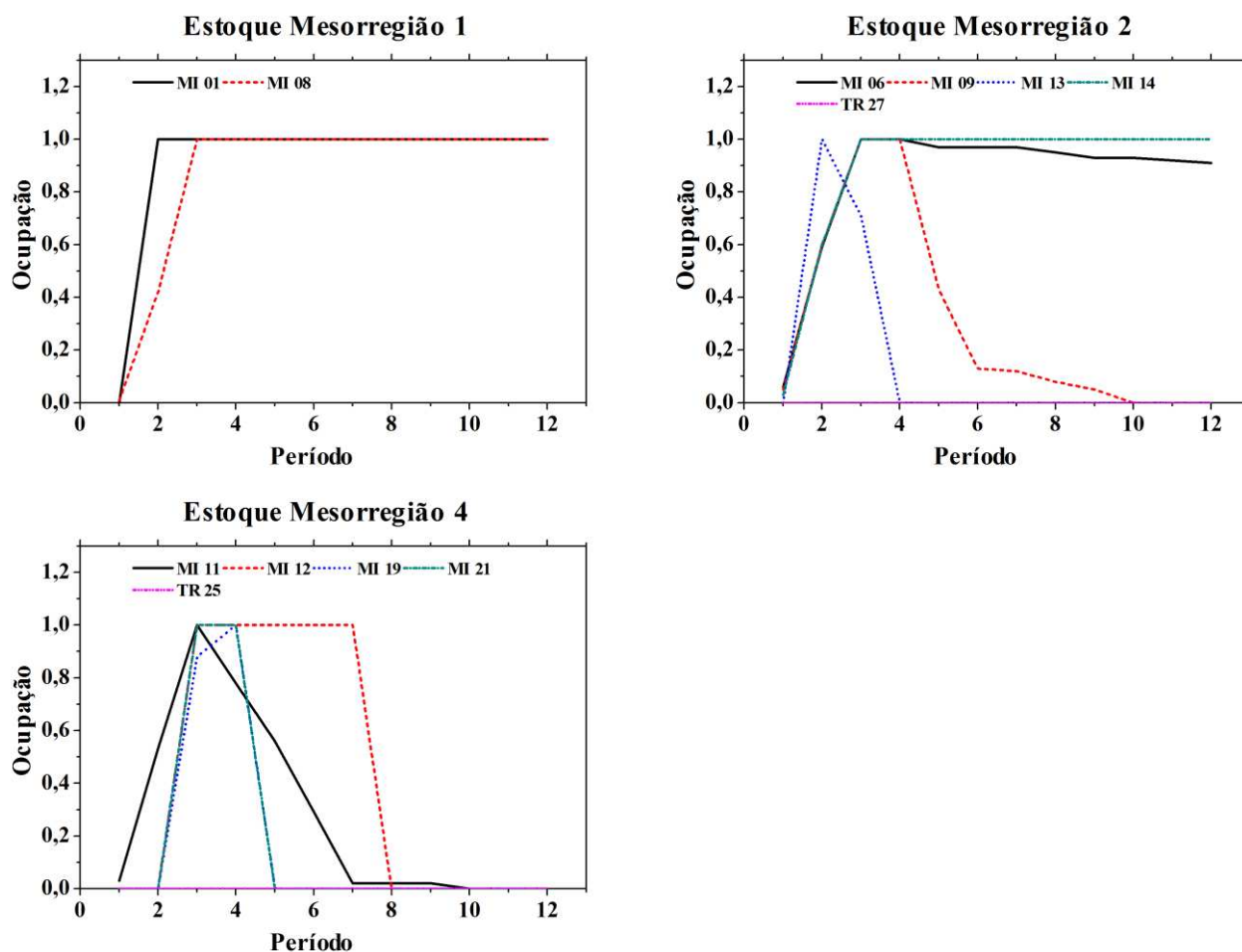


Figura 6-5. Estoques por macrorregião EECM – DNCDRHE

Dos portos utilizados, o Porto de Paranaguá ainda é o que exporta a maior quantidade de soja, seguido por São Luís, Santos e São Francisco do Sul. No entanto, o Porto de Santos passa a exportar soja durante todo o período avaliado, com diferentes intensidades, como mostra a Figura 6-6. O 5º período, que representa o mês de Maio, é o mês de maior exportação e todos os portos trabalham na sua máxima capacidade para atender a demanda.

Apesar das mudanças obtidas pelo incentivo de economia de escala terem sido pequenas, quando comparado aos capítulos anteriores, estas mudanças refletem-se no porto pelo qual a soja é entregue aos países demandantes, como mostra a Tabela 6-6.

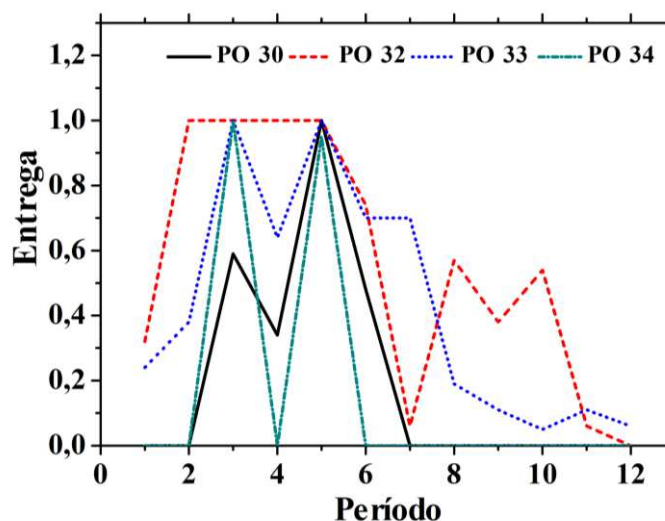


Figura 6-6. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em EECM - DNCDRHE

Para esta configuração de rede, o Porto de São Francisco do Sul (SC) exporta soja não só para China, mas também para Espanha e Tailândia, dividindo o fluxo que, no cenário anterior de CM, partia apenas de Paranaguá.

Esta divisão de fluxo ocorre sempre no 3º e 5º período, onde há maior demanda e o modelo, mediante aos custos de transporte e capacidade, define a quantidade de soja destinada aos portos. Por exemplo, para este cenário, no 3º período, o Porto de Santos transporta toda sua soja para China, o Porto de Paranaguá supre a demanda chinesa que não pode ser atendida por Santos (limitado pela capacidade), e atende à Tailândia. Para garantir que a demanda da Tailândia seja atendida, a soja é transportada pelo Porto de São Francisco do Sul. E, a soja com destino a Alemanha, Espanha e Países Baixos é transportada pelo Porto de São Luís.

Tabela 6-9. Destino da soja dos portos exportadores em EECM - DNCDRHE

Porto	País demandante	Quantidade entregue (mil t)	Quantidade total entregue (mil t)
PO 30 – São Luís (MA)	DE 35 – Alemanha	1.027,38	2.103,85
	DE 36 – China	445,76	
	DE 37 – Espanha	353,67	
	DE 38 – Países Baixos	277,03	
PO 32 – Santos (SP)	DE 36 – China	882,06	882,06
PO 33 - Paranaguá (PR)	DE 35 – Alemanha	845,62	7.407,76
	DE 36 – China	5.579,99	
	DE 37 – Espanha	369,50	
	DE 38 – Países Baixos	226,31	
	DE 39 – Tailândia	386,32	
PO 34 – São Francisco do Sul (SC)	DE 36 – China	179,79	369,54
	DE 37 – Espanha	186,15	
	DE 39 – Tailândia	3,59	

No 5º período, pico das exportações para China, para garantir que a demanda seja atendida, a soja tem que ser transportada por todos os portos.

Mesmo sendo possível constatar mudanças no transporte do fluxo, de modo geral, estas mudanças não influenciaram no custo de entrega da soja, como pode ser observado na Tabela 6-1.

6.3.1.3 CM-T

A possibilidade de armazenar a soja em pontos mais próximos da demanda altera a configuração das localidades dentro do Estado do Mato Grosso. Logo, o modelo instala 23 hubs localizados em 15 localidades, das quais 8 estão localizadas dentro do Estado, como mostra a Figura 6-7.

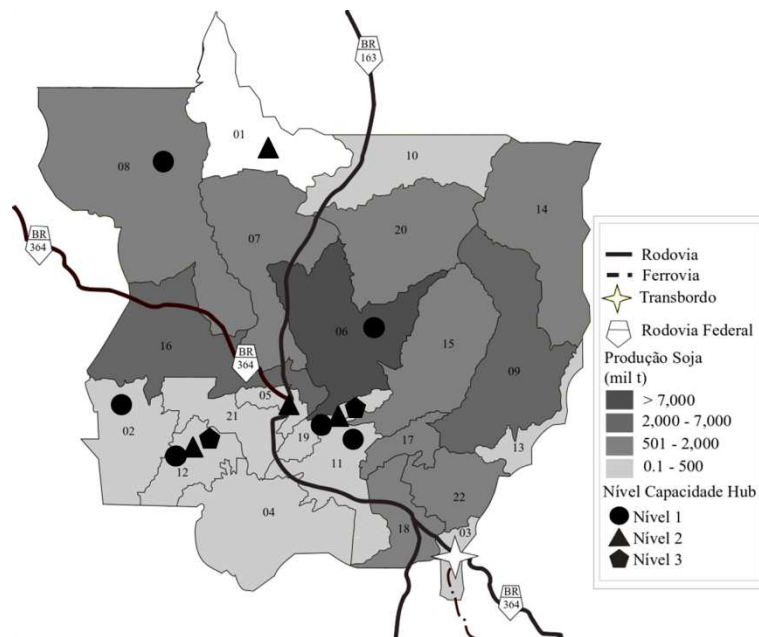


Figura 6-7. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DNCDRHE

A outras 7 localizações que possuem instalação de hubs são 3 pontos de transbordo e os 4 portos já mencionados.

Os pontos de transbordo têm suas capacidades expandidas para receber/consolidar a soja. O TR 25 – Maringá (PR) é o ponto mais favorecido, consequência da alta capacidade do Porto de Paranaguá, seguido pelo TR 27 – Porto Nacional (TO). Já o Porto de Santos, que devido à sua restrição de capacidade, que perdeu seus pontos de abastecimento nos cenários anteriores, neste

cenário tem o TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) instalado para garantir seu abastecimento, como mostra a Tabela 6-10.

Tabela 6-10. Hubs e capacidades instaladas para CM-T - DNCDRHE

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	162,54	
MI 02 – Alto Guaporé	65,12	
MI 05 – Alto Paraguai	66,34	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,88	10.505,97
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 11 – Cuiabá	618,23	
MI 12 – Jauru	142,27	
MI 19 – Rosário Oeste	163,45	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	4.000,00	7.000,00
TR 27 – Porto Nacional (TO)	2.000,00	
PO 30 – Porto de São Luís (MA)	653,40	
PO 32 – Porto de Santos (SP)	132,00	2.607,99
PO 33 – Porto de Paranaguá (PR)	1.708,74	
PO 34 – Porto de São Francisco do Sul (SC)	113,85	

Em termos de capacidade total não há variações, em relação ao cenário CM (Seção 6.3.1.1). No entanto, 5 milhões de capacidade foram transferidos para os pontos de transbordo.

A mudança na configuração da rede é refletida no fluxo que percorre as rotas intermediárias. Os pontos de transbordo coletam a maior parte da soja dos polos produtores reduzindo o número de rotas utilizadas. As rotas intermediárias e a quantidade de soja transportada por cada uma são apresentadas na Tabela 6-11.

No entanto, os portos de Paranaguá e São Francisco do Sul também recebem soja transportada via hubs, por exemplo, a rota MI 11 – Cuiabá – TR 25 – Maringá (PR) – PO 33 – Porto de Paranaguá. Estes portos também recebem soja redirecionada/consolidada por até 4 hubs, por exemplo, a rota MI 06 – Alto Teles Pires – MI 19 – Rosário Oeste – TR 25 e, posteriormente, do TR 25 segue para os portos.

Para os portos de PO 30 – São Luís e PO 32 – Santos são abastecidos somente pela soja coletada pelos pontos de transbordo TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) e TR 27 – Porto Nacional (TO).

Tabela 6-11. Rotas de intermediárias em CM-T – DNCDRHE

Hub de origem	Hub intermediário	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 05	TR 25	PO 34	8,75
MI 05	MI 19	TR 25	57,58
MI 06	MI 19	TR 25	706,17
MI 11	TR 25	PO 33	672,43
MI 11	TR 25	PO 34	105,09
MI 12	TR 25	PO 33	142,26
MI 19	TR 25	PO 33	490,33
MI 19	TR 25	PO 34	19,50
TR 23	TR 23	PO 32	904,06
TR 25	TR 25	PO 33	4.571,20
TR 25	TR 25	PO 34	82,03
TR 27	TR 27	PO 30	1.969,77

Em termos de soja exportada, 16,70% é enviada diretamente aos portos e o restante da soja, 83,30%, é roteado por hubs. A Tabela 6-12 apresenta o modo como a soja foi entregue aos portos, através de consolidação/redirecionamento via hubs ou transportada do polo produtor ao porto, e a quantidade destinada.

Tabela 6-12. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em CM-T - DNCDRHE

Portos	Transporte	Quantidade recebida (mil t)
São Luís	Direto	0,00
	Via hubs	1.969,77
Santos	Direto	491,93
	Via hubs	904,06
Paranaguá	Direto	1.305,80
	Via hubs	5.876,25
São Francisco do Sul	Direto	0,00
	Via hubs	215,38

Os valores apresentados na Tabela 6-12 mostram que a quantidade de soja que chega ao Porto de Santos via hubs mais que dobrou e a quantidade de soja transportada diretamente apresenta um aumento. Em detrimento do aumento de soja transportada por Santos, há uma redução na quantidade transportada por Paranaguá e São Luís.

Com os pontos de transbordo atuando como pontos de armazenagem, a tendência é que estes pontos realizem a coleta nos polos produtores o que mantém seus níveis de estoque elevados até o 4º período, período em que a maior parte da safra é colhida, como mostra a Figura 6-8.

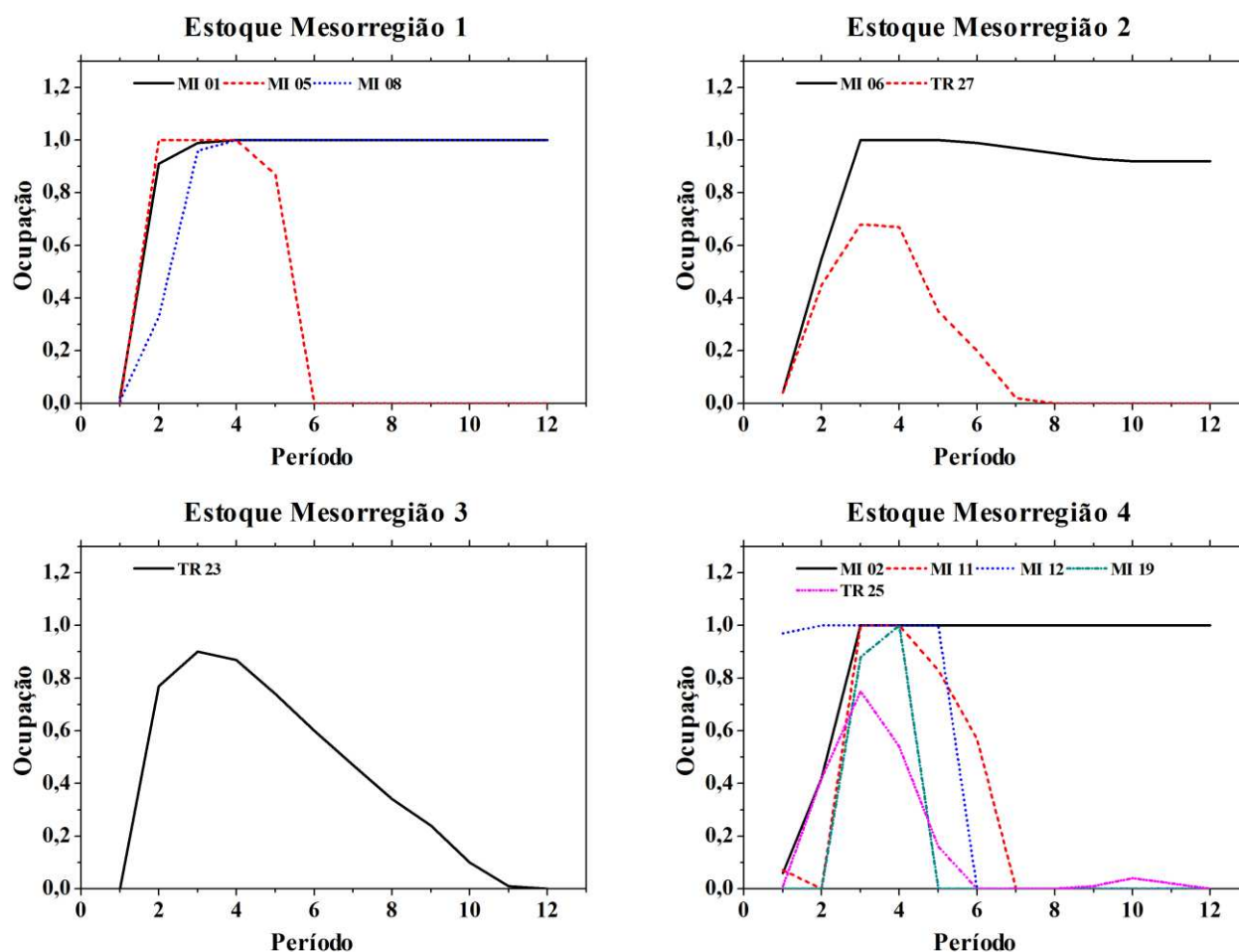


Figura 6-8. Estoques por macrorregião CM-T – DNCDRHE

Apesar da instalação do ponto de transbordo TR 23 - São Simão (GO)/Anhembi(SP), o Porto de Santos recebe soja por entrega direta dos polos produtores desde o 1º período de análise. Já para Paranaguá, as entregas diretas tem início no 3º período, que é ocasionado pela redução da capacidade dos hubs que atendem o porto.

Neste caso, o Porto de Santos trabalha no limite de sua capacidade na maior parte do período analisado. O Porto de Paranaguá atua durante todo o período sendo que sua máxima utilização é no pico das exportações. Já o Porto de São Francisco do Sul é utilizado apenas em períodos específicos para atender a demanda, assim como o Porto de São Luís, que atinge seu pico máximo de exportação no período 5, como mostra a Figura 6-9.

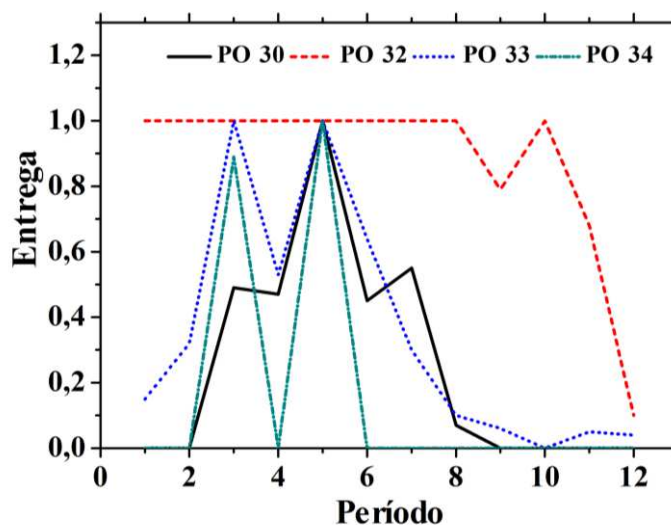


Figura 6-9. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em CM-T – DNCDRHE

O cenário CM-T favorece a exportação de soja pelo Porto de Santos, e a quantidade enviada pelo porto supera 1,2 milhões de toneladas de soja, como mostra a Tabela 6-13.

Tabela 6-13. Destino da soja dos portos exportadores em CM-T - DNCDRHE

Porto	País demandante	Quantidade entregue (mil t)	Quantidade total entregue (mil t)
PO 30 – São Luís (MA)	DE 35 – Alemanha	1.368,62	1.969,77
	DE 36 – China	226,91	
	DE 37 – Espanha	119,23	
	DE 38 – Países Baixos	254,99	
PO 32 – Santos (SP)	DE 35 – Alemanha	98,73	1.396,00
	DE 36 – China	1.271,31	
	DE 39 – Tailândia	25,95	
PO 33 – Paranaguá (PR)	DE 35 – Alemanha	405,64	7.182,06
	DE 36 – China	5.475,54	
	DE 37 – Espanha	790,10	
	DE 38 – Países Baixos	248,34	
	DE 39 – Tailândia	262,43	
PO 34 – São Francisco do Sul (SC)	DE 36 – China	113,85	215,38
	DE 39 – Tailândia	101,53	

A maioria da soja que parte de Santos tem como destino a China, seguido por Alemanha e Tailândia. No entanto, Alemanha e Tailândia são atendidas pelo Porto de Santos somente no 10º e 11º período, devido à maior participação de Santos nas exportações após o 6º período, que foi alcançada pela estratégia de armazenamento adotada pelo cenário. As demais características de exportação observadas nos cenários anteriores se repetem neste cenário.

O aumento da quantidade de soja exportada por Santos apresenta uma redução de US\$ 5 milhões nos custos de entrega, quando comparado aos cenários anteriores.

6.3.1.4 EECM-T

Semelhante aos cenários anteriormente analisados, que consideram economia de escala, neste cenário, a instalação de hubs ou expansão de capacidade em pontos mais afastados das regiões de influência dos portos e polos produtores são favorecidas.

Os pontos de maior influência no transporte até os portos também são favorecidos, seja por extensão de capacidade ou por instalação de um maior número de regiões de influência. O reflexo deste favorecimento é observado pelo número de hubs instalados, que neste caso é de 34 hubs em 19 localidades, das quais 12 estão localizadas dentro do Estado, como mostra a Figura 6-10.

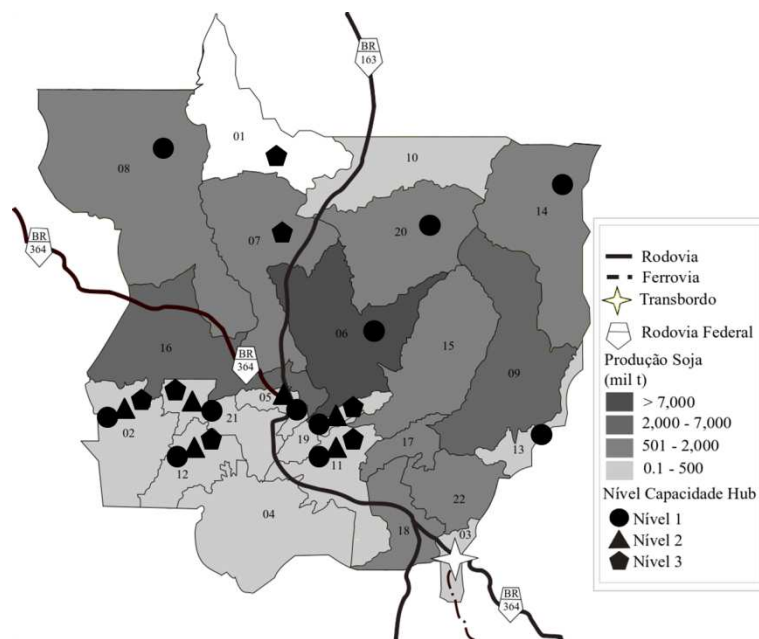


Figura 6-10. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM-T - DNCDRHE

Semelhante ao cenário de CM-T (Seção 6.3.1.3), o Porto de Santos é beneficiado pela instalação de hub no TR 23 – São Simão (GO) /Anhembi (SP). No entanto, a capacidade instalada

no TR 25 – Maringá (PR) é reduzida em 3 milhões de toneladas e, consequentemente, a capacidade total instalada nos pontos de transbordo também é reduzida, como mostra a Tabela 6-14.

Já a capacidade total instalada dentro do Estado aumentou, no entanto, os hubs que diferem do cenário de CM-T são hubs localizados no Norte do Estado, longe dos principais hubs que transportam soja aos portos.

Tabela 6-14. Hubs e capacidades instaladas para EECM-T - DNCDRHE

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	162,54	12.506,52
MI 02 – Alto Guaporé	390,69	
MI 05 – Alto Paraguai	165,85	
MI 07 – Arinos	2.330,84	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 11 – Cuiabá	3.709,35	
MI 12 – Jauru	142,26	
MI 13 – Médio Araguaia	98,14	
MI 14 – Norte Araguaia	296,83	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 20 – Sinop	2.248,45	
MI 21 – Tangará da Serra	2.328,94	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1.000,00	5.000,00
TR 25 – Maringá (PR)	2.000,00	
TR 27 – Porto Nacional (TO)	2.000,00	
PO 30 – Porto de São Luís (MA)	653,40	2.607,99
PO 32 – Porto de Santos (SP)	132,00	
PO 33 – Porto de Paranaguá (PR)	1.708,74	
PO 34 – Porto de São Francisco do Sul (SC)	113,80	

Semelhante ao observado no cenário CM-T, os portos de PO 33 – Paranaguá e São Francisco do Sul são favorecidos pelo transporte de soja por rotas intermediárias. No entanto, a Tabela 6-15, de rotas de consolidação/redirecionamento, indica que o transporte de microrregiões como MI 07 - Arinos e MI 12 – Jauru, que não conseguiram estocar toda a soja disponível em suas regiões de atuação, enviou o excedente de soja para Paranaguá, mas em quantidades ínfimas.

Outra rota intermediária de destaque é a rota MI 11- Cuiabá – TR 25 – Maringá (PR) – PO 33 – Paranaguá, que transporta a maior parte da soja que chega ao porto.

Em termos de soja exportada, 86,56% é transportada consolidada ou redirecionada por hubs e apenas 13,44% é transportada direto via rodovia. A Tabela 6-16 apresenta o modo como a soja foi entregue aos portos, através de consolidação/redirecionamento via hubs ou transportada do polo produtor ao porto, e a quantidade destinada.

Tabela 6-15. Rotas intermediárias em EECM-T - DNCDRHE

Hub de origem	Hub intermediário	Hub de Destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 07	TR 25	PO 33	17,65
MI 11	TR 25	PO 33	4.052,85
MI 11	TR 25	TR 25	526,55
MI 11	TR 25	PO 34	113,85
MI 12	TR 25	PO 33	8,24
MI 13	TR 23	TR 23	121,73
MI 13	TR 23	PO 32	98,14
MI 19	TR 25	PO 33	542,24
TR 23	TR 23	PO 32	967,00
TR 25	TR 25	PO 33	1.446,35
TR 25	TR 25	PO 34	86,09
TR 27	TR 27	PO 30	1.984,26

Tabela 6-16. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em EECM-T - DNCDRHE

Portos	Transporte	Quantidade recebida (mil t)
São Luís	Direto	0,00
	Via hubs	1.984,26
Santos	Direto	165,00
	Via hubs	1.065,14
Paranaguá	Direto	1.281,53
	Via hubs	6.067,34
São Francisco do Sul	Direto	0,00
	Via hubs	0,00

De acordo com a análise de comportamento dos estoques na Figura 6-11, observa-se que o TR 23 – São Simão (GO) /Anhembi (SP) segurou soja nos primeiros períodos de análise. Esta ação elevou o estoque do TR 23 ao seu limite máximo no 3º período, comportamento ainda não observado para os pontos de transbordo, já que apesar de realizar armazenamento, é assegurado um intervalo, que permita o fluxo intermediário.

A partir do 3º período, com estoques acima da média, o TR 23 inicia as entregas para Santos, assim, no mesmo período, as entregas diretas passam a ser realizadas por falta de capacidade de armazenamento. Posteriormente, a exportação por Santos é favorecida pelo estoque da MI 13.

Na Macrorregião 2 pode-se observar a ausência da MI 06, região de maior produção dentro do Estado do Mato Grosso, o que acarreta na instalação de um número maior de hubs de armazenamento de excedente. Neste caso, estes hubs também se destacam pela maior capacidade disponível. Também é possível destacar o comportamento do TR 27 que abastece o Porto de Luís com a soja por coletada dos polos produtores.

Já a Macrorregião 4, onde normalmente não são instalados hubs de armazenamento de excedente em grande quantidade, também teve seu comportamento alterado. O TR 25 teve seu estoque reduzido, quando comparado a CM-T (Seção 6.3.1.4), e o Porto de Paranaguá foi abastecido pelos estoques de MI 11 e MI 19.

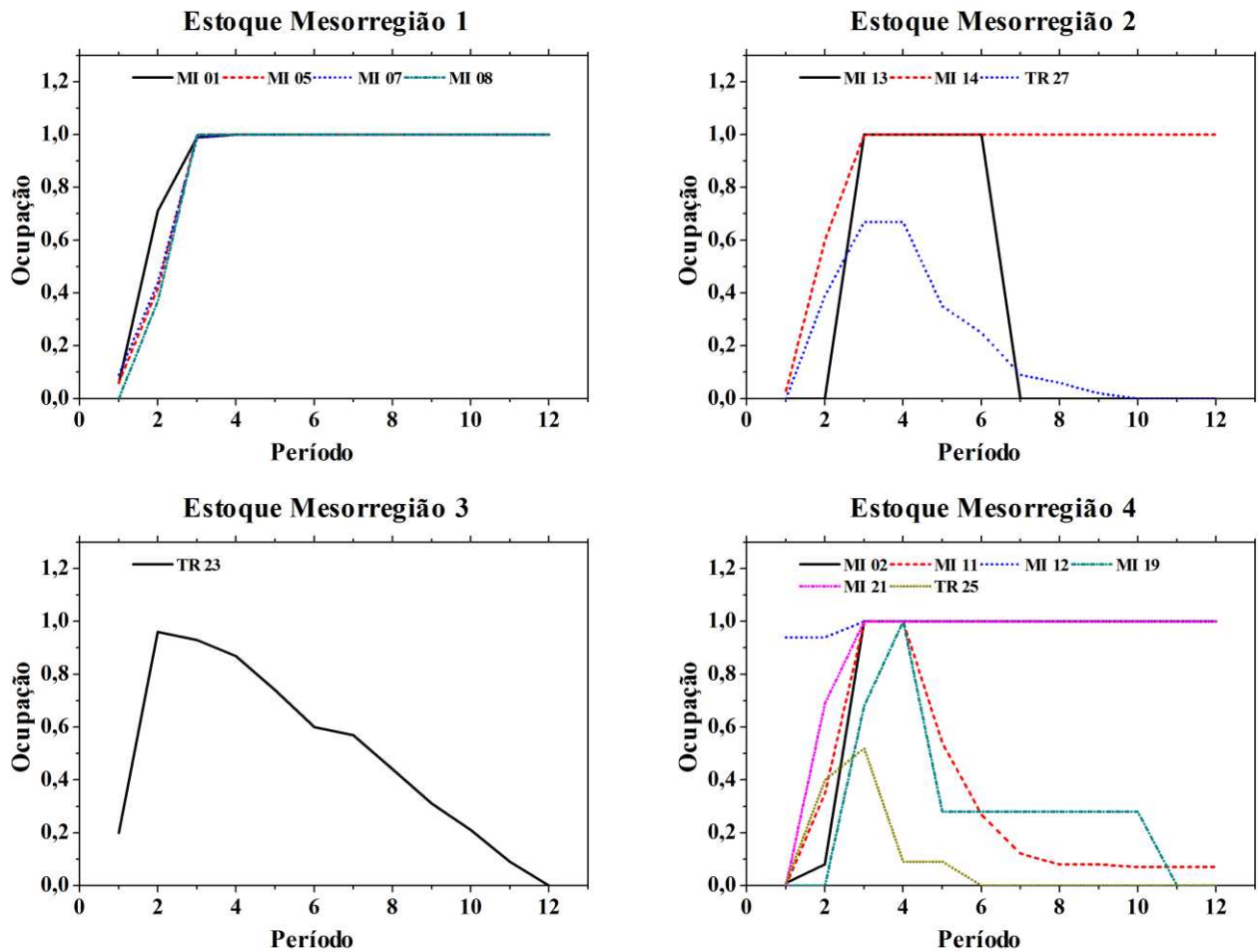


Figura 6-11. Estoques por macrorregião em EECM-T - DNCDRHE

Para condição de capacidade do Porto de Santos restrito, este cenário se mostrou propício para as exportações pelo Porto de Santos. Isto pode ser comprovado pela Figura 6-12, que mostra que o Porto de Santos realiza entregas durante todo o período avaliado com grande intensidade, comportamento que ainda não havia sido observado.

Mesmo com o aumento da intensidade das exportações por Santos, o Porto de Paranaguá é o porto que exporta a maior quantidade de soja, seguido por São Luis, Santos e São Francisco do Sul.

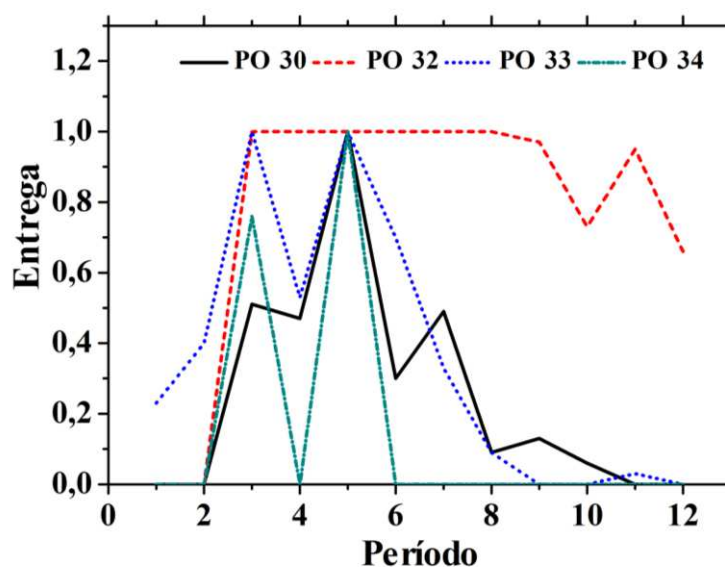


Figura 6-12. Intensidade das entregas realizadas pelos portos EECM-T - DNCDRHE

Outro ponto de destaque é a inversão da utilização dos portos após o período de pico das exportações, onde o Porto de Paranaguá realiza menos entregas e o Porto de São Luís estende suas entregas até o 10º período.

De acordo com a Tabela 6-17 é possível identificar as mudanças nos portos de entrega causadas pela estratégia de armazenamento e transporte.

Tabela 6-17. Destino da soja dos portos exportadores em EECM-T - DNCDRHE

Porto	País demandante	Quantidade entregue (mil t)	Quantidade total entregue (mil t)
PO 30 – São Luis (MA)	DE 35 – Alemanha	1.503,90	1.984,26
	DE 36 – China	226,91	
	DE 37 – Espanha	79,88	
	DE 38 – Países Baixos	173,55	
PO 32 – Santos (SP)	DE 35 – Alemanha	97,29	1.230,14
	DE 36 – China	1.007,31	
	DE 38 – Países Baixos	99,58	
	DE 39 – Tailândia	25,95	
PO 33 – Paranaguá (PR)	DE 35 – Alemanha	271,80	7.348,88
	DE 36 – China	5.653,45	
	DE 37 – Espanha	829,45	
	DE 38 – Países Baixos	230,20	
	DE 39 – Tailândia	363,97	
PO 34 – São Francisco do Sul (SC)	DE 36 – China	199,94	199,94

Similar ao comportamento do cenário anterior de CM-T (Seção 6.3.1.3), o armazenamento da soja próximo a demanda permite que o porto de Santos transporte soja para outros países,

além da China. No entanto, a economia de escala, permite que este abastecimento seja realizado a uma taxa maior e, o mesmo pode ser aplicado ao Porto de Paranaguá, o que permite que São Francisco do Sul diminua o número de períodos em operação.

6.3.2 CAPACIDADE DE SANTOS EXPANSÍVEL

Considerando uma situação ideal, os portos podem expandir seus níveis de capacidade a fim de atender a demanda, sem considerar as restrições reais existentes para estas expansões. Deste modo, esta análise apresenta como a cadeia de exportação da soja se comportaria mediante esta condição ideal.

A Tabela 6-18 mostra os resultados gerais obtidos. Na primeira coluna é especificado o cenário analisado, em seguida, o número de hubs abertos - H, o custo total - CTotal, o custo de coleta - CColeta, o custo de entrega - CEntrega, o custo de movimentação da carga entre os hubs - CHub, o custo total de transporte - CTransporte (onde, CTransporte = CColeta+ CEntrega + CHub), o custo de abertura - CAbertura, o custo de estoque – CEstoque, o tempo em segundos e o GAP da solução obtida.

Tabela 6-18. Resultados gerais para capacidade de Santos expansível.

Cenários	H	CTotal (milhões US\$)	CColeta (milhões US\$)	CEntrega (milhões US\$)	CHub (milhões US\$)	CTransporte (milhões US\$)	CAbertura (milhões US\$)	CArmazena (milhões US\$)	CPU (s)	GAP (%)
CM	27	3.349,18	601,07	498,09	626,04	1,725,21	916,49	707,47	5.991,83	0,02
EECM	27	3.215,55	520,03	497,91	573,74	1,591,69	916,37	707,47	7.579,31	0,03
CM-T	22	3.299,01	795,32	496,08	394,67	1,686,08	905,44	707,47	2.117,98	0,01
EECM-T	27	3.186,86	503,12	497,03	573,55	1,573,71	905,67	707,47	3.490,27	0,01

Os portos abertos e níveis de capacidade instalados pelos 4 cenários analisados foram: Porto de Santos e Porto de Paranaguá os 3 níveis de capacidade e Porto de São Francisco do Sul o 3º nível de capacidade. A escolha dos portos e os níveis de capacidade instalados são justificados pelas considerações de custos das rotas marítimas anteriormente realizadas.

Uma vez que as rotas marítimas e níveis de capacidade de cada porto são iguais para todos os cenários, apenas a política de entrega é variável, pois ela está associada com as localizações e rotas continentais praticadas.

6.3.2.1 CM

No cenário CM são instalados 27 hubs distribuídos em 15 localidades, das quais 10 estão localizadas dentro do Estado do MT. As localidades onde os hubs instalados e os diferentes níveis são apresentados na Figura 6-13.

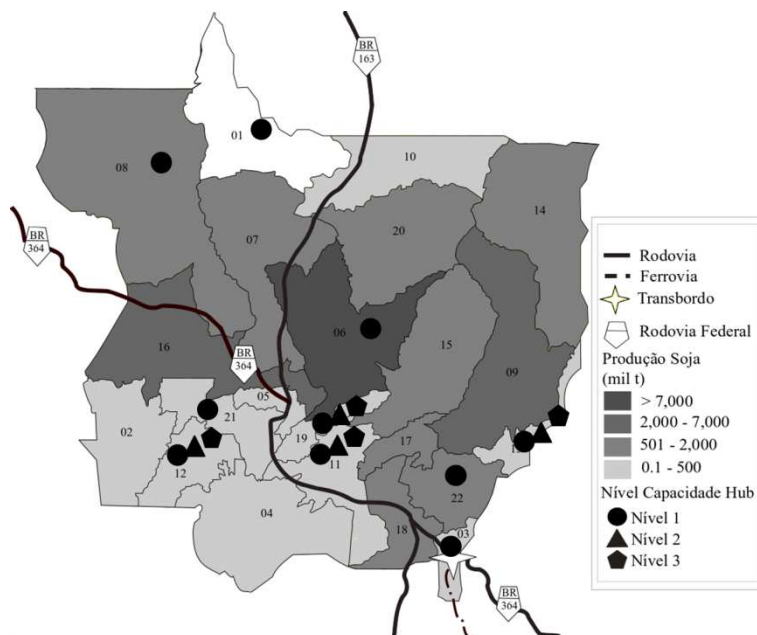


Figura 6-13. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM - DNCDRHE

Há dois fatores que influenciam na escolha da localização dos hubs: a localização dos pontos produtores, Figura 2-1, e localização dos portos abertos para exportação. Considerando estes portos, a soja segue para a região Sudeste e Sul do país e, conseqüentemente, a maior parte dos hubs foi instalada na região Centro-Sul do Estado.

Na região Centro-Sul está localizada a BR 163 que une a soja proveniente de diversas partes do Mato Grosso, inclusive da região Norte, e a transporta até o ponto de transbordo TR 25 - Maringá de onde segue para o Porto de Paranaguá e de São Francisco do Sul, via ferrovia. E também a BR 364 que une a região Noroeste do Estado à região Sudeste transportando a soja para os pontos de transbordo MI 03 – Alto Araguaia e TR 23 – São Simão (GO) / Anhembi (SP), ou por rotas rodoviárias até o Porto de Santos.

A Tabela 6-19 apresenta os hubs e capacidades instaladas em cada um e por região: Estado do MT, pontos de transbordo e portos.

Tabela 6-19. Hubs e capacidades instaladas em CM - DNCDRHE

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 03 – Médio Araguaia	1.033,70	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 11 – Cuiabá	3.709,35	15.751,86
MI 12 – Jauru	142,26	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
MI 22 – Tesouro	383,85	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1.000,00	2.000,00
TR 25 – Maringá (SP)	1.000,00	
PO 32 – Santos (SP)	792,00	
PO 33 – Paranaguá (PR)	1.708,74	2.614,59
PO 34 – São Francisco do Sul (SC)	113,85	

Observe que, em relação ao caso de Santos não-expansível, a capacidade total não apresenta variações significativas. E, o mesmo pode ser afirmado sobre a composição da capacidade dentro do Estado com a dos pontos de transbordo e capacidade dos portos.

A Tabela 6-20 mostra as rotas intermediárias utilizadas para esta configuração de rede.

Tabela 6-20. Rotas intermediárias em CM - DNCDRHE

Hub de origem	Hub intermediário	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 03	TR 23	PO 32	1.033,70
MI 06	MI 11	PO 33	83,13
MI 06	MI 19	TR 25	449,98
MI 11	TR 25	PO 33	3.709,35
MI 12	TR 25	PO 33	36,06
MI 12	TR 25	PO 34	106,20
MI 13	TR 23	PO 32	588,86
MI 19	TR 25	PO 33	300,95
MI 21	MI 11	PO 33	388,15
MI 22	MI 03	PO 33	343,65
MI 22	TR 23	PO 32	40,20
TR 23	TR 23	PO 32	0,10
TR 25	TR 25	PO 33	1.428,77

As rotas mais utilizadas são as que dão acesso aos pontos de transbordo de TR 25 – Maringá (PR), TR 23 - São Simão (GO) /Anhembi (SP) e MI 03 - Alto Araguaia. Já as rotas que não passam por estes transbordos são rotas de redirecionamento com potencial para expansão, como é o caso das rotas MI 06 – Alto Teles Pires – MI 11- Cuiabá – PO 33 – Porto de Paranaguá, MI 21 – Tangará da Serra – MI 11 - Cuiabá – PO 33 – Porto de Paranaguá e MI 06 – Alto Teles Pires –

MI 19 – Rosário Oeste – TR 25 – Maringá. Nas duas primeiras rotas a MI 11 atua como um ponto de redirecionamento da soja proveniente de regiões distintas, mas com mesmo destino.

Destaca-se as duas últimas rotas da Tabela 6-20, TR 25 – TR 25 – PO 33 e TR 23 – TR 23 – PO 32, que representa a quantidade de soja que foi coletada do polo produtor e enviada diretamente ao transbordo, via rodovia, que é então consolidada e enviada aos portos. A entrega da soja coletada pelos pontos de transbordo é realizada no mesmo período, já que neste cenário, nestes nós não são permitidos estoques. Já a rota TR 23 – TR 23 – PO 32 destaca-se por aparecer entre as rotas utilizadas, mas com movimentação baixa, isto ocorre por causa do *trade-off* entre custo de abertura e de transporte direta da soja.

Do total de soja exportada, 74,88% é transportada até os portos de modo consolidado, enquanto 25,12% são entregues diretamente dos polos produtores, via rodovia. A Tabela 6-21 apresenta o modo como a soja foi entregue aos portos e a quantidade destinada.

Ainda de acordo com a Tabela 6-21, observa-se que a maior parte da soja é exportada por Paranaguá, e a soja chega ao Porto principalmente pelo TR 25 – Maringá (PR) por consolidação. Já a soja que segue para o Porto de Santos, pouco mais da metade é direcionada por rodovia e o restante por consolidação pelo TR 23 – São Simão (GO) / Anhembi (SP). Pela Tabela 6-19, observa-se que a MI 03, ponto de consolidação para Santos, não transporta soja até o Porto.

Tabela 6-21. Balanço do modo de entrega da soja aos portos CM - DNCDRHE

Portos	Transporte	Quantidade recebida (mil t)
Santos	Direto	1.738,19
	Via hubs	1.662,87
Paranaguá	Direto	965,86
	Via hubs	6.290,09
São Francisco do Sul	Direto	0,00
	Via hubs	106,20

Para entender como o transporte é realizado, observe a Figura 6-14. Durante o período de pico da safra, período de 2 a 5, todos os hubs armazenam soja e esta vai sendo escoada para atender a demanda ao decorrer do ano.

É possível afirmar que há uma relação estreita entre estoque e entregas diretas, e que estas são dependentes do *trade-off* entre custo de transporte e custo de abertura de hubs. Por exemplo, a MI 22 - Tesouro é aberta para coletar a produção da MI 17 – Primavera do Leste e atinge sua capacidade máxima no segundo período, sem conseguir armazenar toda a soja proveniente da MI 17. Deste modo, o excedente é enviado diretamente ao Porto de Santos, pois o custo de abertura

de um novo hub para armazenar o excedente seria maior do que o custo de transporte direto para o porto. Posteriormente, no período 5, a soja armazenada na MI 22 é enviada para MI 03 - Terminal de Alto Araguaia e TR 23 - São Simão (GO)/ Anhembi (SP), e transportada para Santos e Paranaguá.

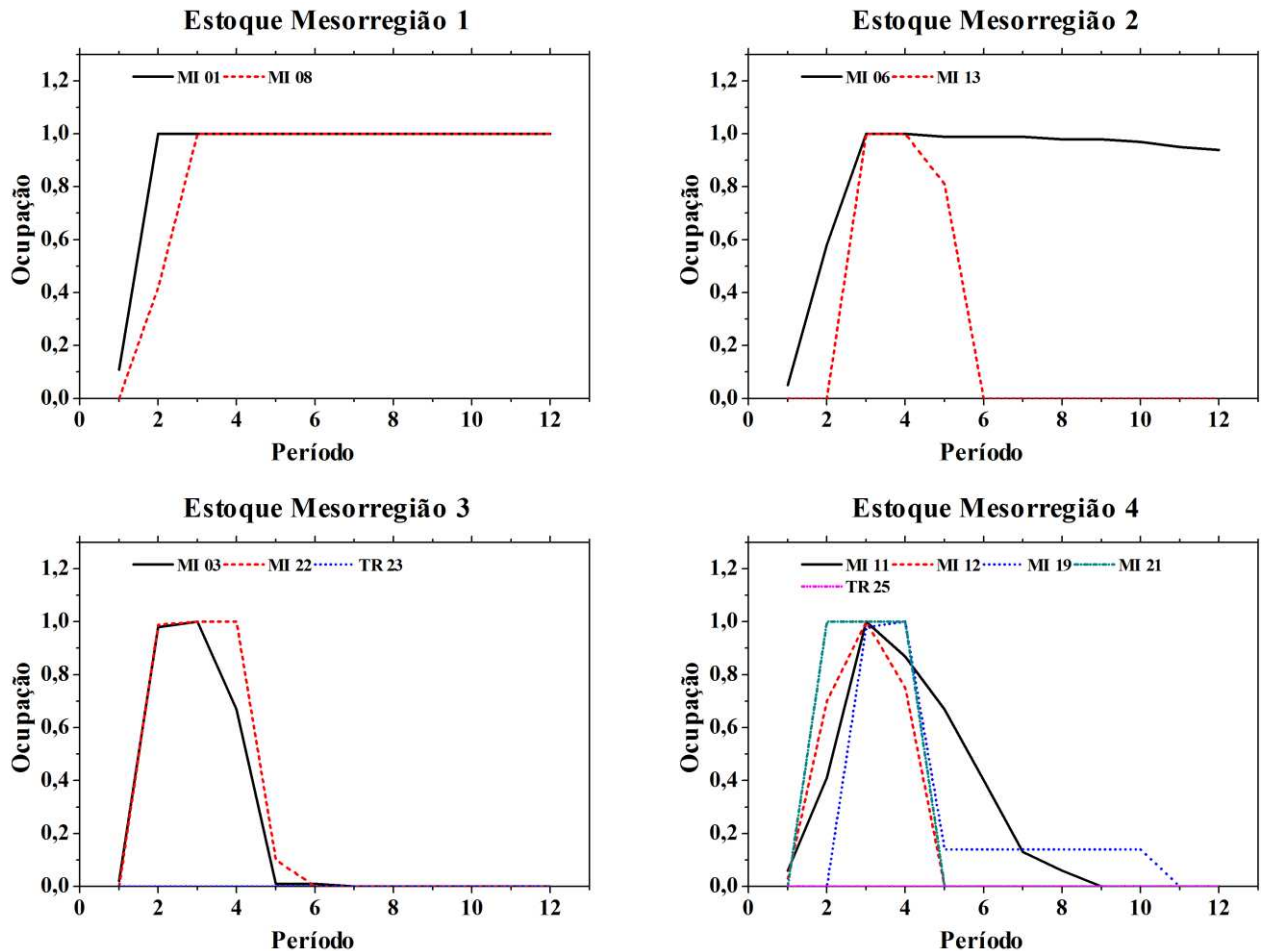


Figura 6-14. Estoques por macrorregiões em CM - DNCDRHE

A Macrorregião 4 é a que apresenta maior movimentação de estoque e da qual é importante destacar o papel das MI 11 - Cuiabá e MI 19 – Rosário Oeste. A MI 11 abastece o ponto de transbordo de Maringá e, consequentemente, Porto de Paranaguá e São Francisco do Sul. Pela rota, MI 11-Cuiabá – TR 25-Maringá – PO 33-Paranaguá/PO 34-São Francisco do Sul, passa o maior volume de soja transportado entre hubs, 34,46% de toda a soja exportada. Já a MI 19 – Rosário Oeste, utilizada no período de maior exportação, também destina esta soja para TR 25- Maringá – PO 33-Paranaguá.

Apesar da maior parte da soja ser destinada ao PO 33 - Porto de Paranaguá, a primeira opção de exportação sempre é pelo PO 32 - Porto de Santos e o Porto de Paranaguá é utilizado quando Santos atinge sua capacidade máxima, assim como o PO 34 - Porto de São Francisco do Sul, como mostra a Figura 6-15.

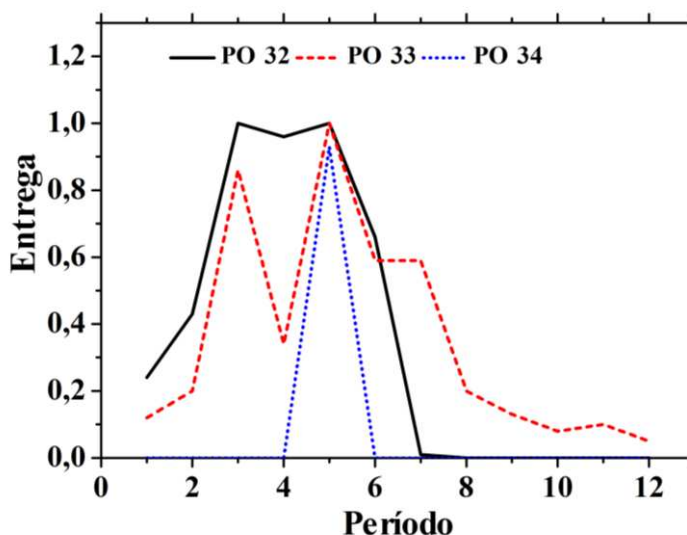


Figura 6-15. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em CM – DNCDRHE

Destaca-se que passado o pico das exportações, o Porto de Santos encerra o despacho da soja que passa a ser realizado apenas pelo Porto de Paranaguá. Também é importante destacar que o Porto de São Francisco do Sul realiza entregas apenas no período em que Santos e Paranaguá estão trabalhando no limite máximo.

A interrupção da exportação da soja pelo Porto de Santos é ocasionada pela localização dos hubs com estoques na região Centro-Sul do Estado, que favorece o transporte da soja para o Porto de Paranaguá, rotas de menor custo de transporte.

A Tabela 6-22 apresenta a quantidade de soja enviada para cada país por porto ao longo do ano.

Como o Porto de Santos está operando com uma capacidade 6 vezes maior do que na Seção 6.3.1.1, o porto é capaz de atender quase a metade da demanda anual da China. No segundo período, como a China apresenta baixa demanda (comparada à capacidade do porto), o restante da soja destinada a Santos é enviada para Alemanha e Tailândia.

Tabela 6-22. Destino da soja dos portos exportadores em CM - DNCDRHE

Porto	País demandante	Quantidade entregue (mil t)	Quantidade total entregue (mil t)
PO 32- Santos (SP)	DE 35 – Alemanha	87,11	3.401,06
	DE 36 – China	3.281,43	
	DE 39 – Tailândia	32,51	
PO 33- Paranaguá (PR)	DE 35 – Alemanha	1.679,68	7.255,95
	DE 36 – China	3.806,18	
	DE 37 – Espanha	909,33	
	DE 38 – Países Baixos	503,34	
	DE 39 – Tailândia	357,40	
PO 34-São Francisco do Sul (SC)	DE 35 – Alemanha	106,20	106,20

As demais demandas são atendidas pelo Porto de Paranaguá que, com exceção dos 2º a 5º período, atende a demanda da China mesmo com capacidade disponível em Santos. Isto ocorre devido às políticas de transporte e armazenamento, adotadas pelo cenário, que favorece o transporte da soja para o Porto de Paranaguá.

6.3.2.2 EECM

Devido à economia de escala, o modelo opta por instalar hubs em localidades mais afastadas do Centro do Estado, como é o caso da MI 14 – Norte Araguaia, capaz de concentrar o estoque da região e diminuir o custo de coleta de soja. Ainda considerando o incentivo de rotear o fluxo via hubs, é localizado um hub na MI 05 – Alto Paraguai, região Central do Estado, que consolida a soja coletada pela microrregião até a TR 25 – Maringá (PR) e consequentemente a Paranaguá. De modo geral, o modelo instala 27 hubs em 17 localidades, das quais 12 estão localizadas dentro do Estado do MT, como mostra a Figura 6-16.

A capacidade total instalada permanece constante, em relação ao cenário anterior de CM, mas para instalar hubs em mais duas localidades o modelo reduziu a capacidade instalada da MI 11 – Cuiabá, como mostra a Tabela 6-23.

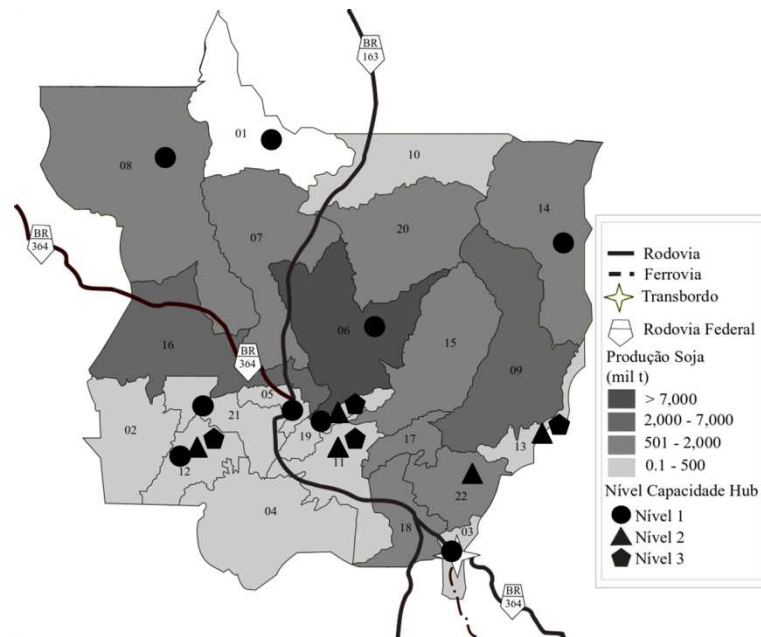


Figura 6-16. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM - DNCDRHE

Tabela 6-23. Hubs e capacidades instaladas em EECM - DNCDRHE

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	54,18	
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 05 – Rosário Oeste	33,17	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 11 – Cuiabá	3.091,13	
MI 12 – Jauru	142,26	15.749,35
MI 13 – Médio Araguaia	490,72	
MI 14 – Norte Araguaia	296,83	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 21 – Tangará da Serra	388,15	
MI 22 – Tesouro	767,71	
TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP)	1.000,00	
TR 25 – Maringá (SP)	1.000,00	2.000,00
PO 32 – Santos (SP)	792,00	
PO 33 – Paranaguá (PR)	1.708,74	2.614,59
PO 34 – São Francisco do Sul (SC)	113,85	

Como resultado da nova configuração da rede, há algumas alterações nas rotas intermediárias praticadas, como mostra a Tabela 6-24.

Tabela 6-24. Rotas intermediárias em EECM - DNCDRHE

Hub de Origem	Hub intermediário	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 03	TR 23	PO 32	1.033,70
MI 05	MI 11	PO 33	8,49
MI 05	MI 19	TR 25	24,67
MI 06	MI 19	TR 25	829,94
MI 11	TR 25	PO 33	3.079,25
MI 11	TR 25	PO 34	106,20
MI 12	TR 25	PO 33	424,51
MI 13	TR 23	PO 32	807,73
MI 19	TR 25	PO 33	492,52
MI 21	MI 11	PO 33	388,15
MI 22	MI 03	PO 33	418,29
MI 22	TR 23	PO 32	349,42
TR 23	TR 23	PO 32	812,36
TR 25	TR 25	PO 33	1.501,09

A maioria das alterações é referente à quantidade de soja transportada pela rota, como no caso da rota MI 11 – Cuiabá – TR 25 – Maringá (PR) – PO 33 – Porto de Paranaguá, na qual a quantidade de soja transportada foi reduzida em 700 mil toneladas, comparado ao cenário de CM Seção 6.3.2.1. Ou a rota MI 06 – Alto Teles Pires – TR 25 – Maringá (PR) – PO 33 – Paranaguá que dobrou a quantidade de soja transportada para compensar a redução na rota MI 11 - TR 25 – PO 33.

E outras rotas são criadas a partir do uso dos novos hubs, como é o caso da rota MI 05 – Alto Paraguai – MI 19 – Rosário Oeste – TR 25 – Maringá (PR), de onde posteriormente, a soja é enviada ao Porto de Paranaguá ou São Francisco do Sul.

Mesmo com o incentivo obtido pela economia de escala a rota MI 11 – TR 25 – PO 33 ainda apresenta a maior concentração de soja movimentada. No entanto, pelas rotas onde os pontos de transbordo coletam a soja do polo produtor ou a soja é roteada via hubs até os pontos de transbordo, o destaque é a rota TR 23 - TR 23 – PO 32, que no cenário CM teve participação irrelevante e, neste cenário, transporta pouco mais de 800 mil toneladas para o Porto de Santos.

De acordo com os resultados, 87,54% da soja destinada à exportação segue via hubs até os portos e 12,46% são entregues diretamente, por via rodoviária. A Tabela 6-25 apresenta o modo como a soja foi entregue aos portos e a quantidade destinada.

Tabela 6-25. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em CM - DNCDRHE

Portos	Transporte	Quantidade recebida (mil t)
Santos	Direto	374,85
	Via hubs	3.003,21
Paranaguá	Direto	966,62
	Via hubs	6.312,33
São Francisco do Sul	Direto	0,00
	Via hubs	106,20

Diferente do que foi observado para o cenário EECM do caso de Santos não-expansível, Seção 6.3.1.2, neste cenário para o caso de Santos expansível, o Porto de Santos é beneficiado pelo incentivo à economia de escala, pois, das quase 3,4 milhões de toneladas enviadas ao porto, apenas 375 mil toneladas são entregues diretamente. Já o Porto de Paranaguá não apresenta rotas capazes de beneficiar suas rotas além do que é considerado neste estudo, pois mesmo com incentivo à economia de escala a proporção de transporte direto e via hubs se manteve.

Uma das mudanças do comportamento de transporte direto do polo produtor ao Porto de Santos para um transporte consolidado, também é refletido nos hubs que atendem o Porto de Santos, como é o caso da MI 22 - Tesouro que teve sua capacidade dobrada e manteve seu nível máximo de estoque até o 5º período, como mostra a Figura 6-17.

Influenciada pela economia de escala a manutenção dos estoques que atendem o Porto de Paranaguá também apresentam mudanças de comportamento. Na macrorregião 4, a capacidade na MI 11 - Cuiabá é reduzida, o que leva a uma menor duração dos estoques e o abastecimento do Porto de Paranaguá passa a ser garantido pela MI 06, como mencionado acima.

Neste cenário, o Porto de Santos mantém a maior atuação de entregas no período de pico das exportações, o Porto de Paranaguá realiza entregas durante todo o período avaliado e São Francisco do Sul garante o atendimento da demanda no momento em que Santos e Paranaguá já estão trabalhando no nível máximo de capacidade, como mostra a Figura 6-18.

Devido ao favorecimento do transporte consolidado de soja, as entregas diretas que abastecem o Porto de Santos desde o 1º no cenário CM, não acontecem neste cenário, o que diminui a participação de Santos na exportação nos dois primeiros períodos e favorece uma maior participação no 6º período.

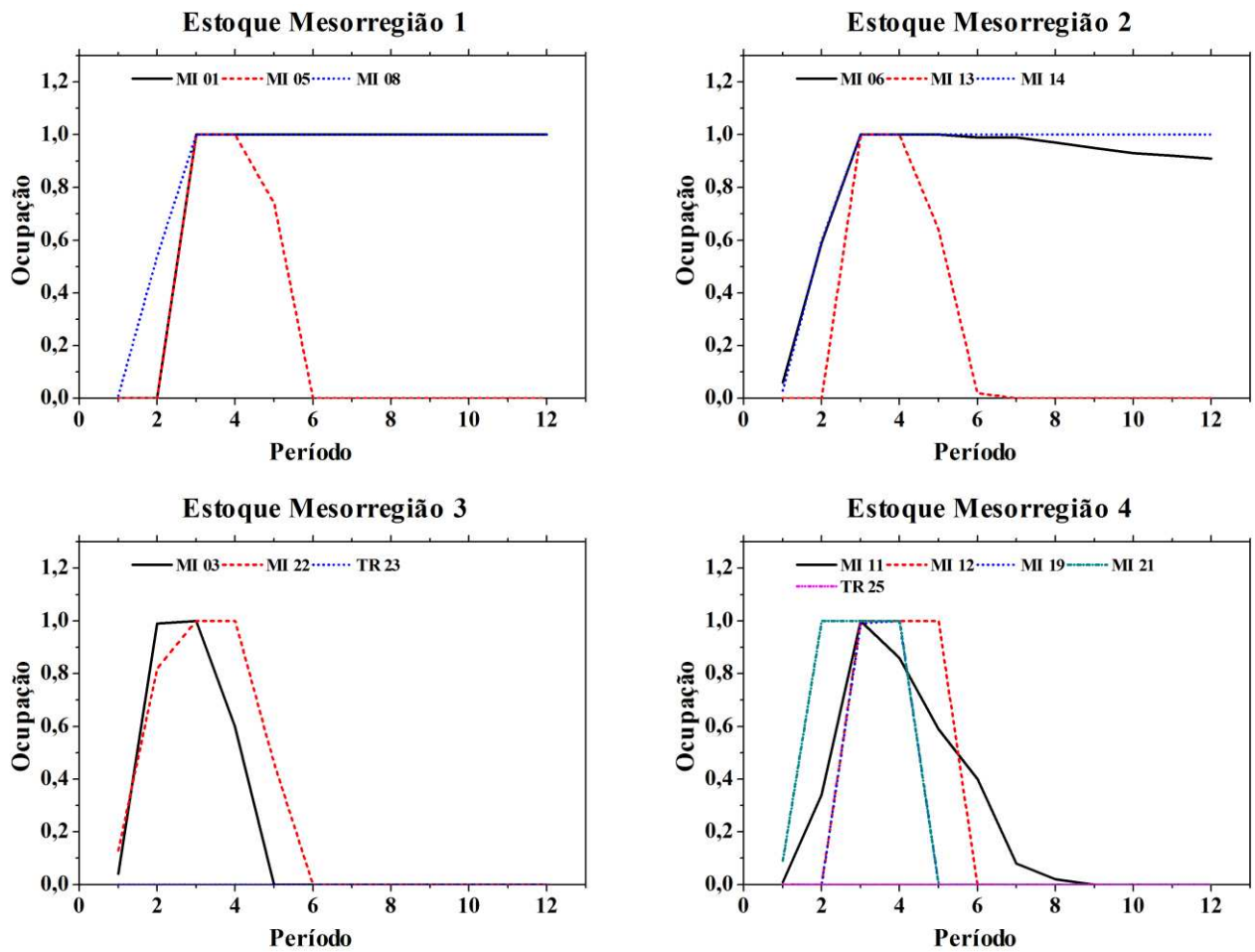


Figura 6-17. Estoques por macrorregião em EECM – DNCDRHE

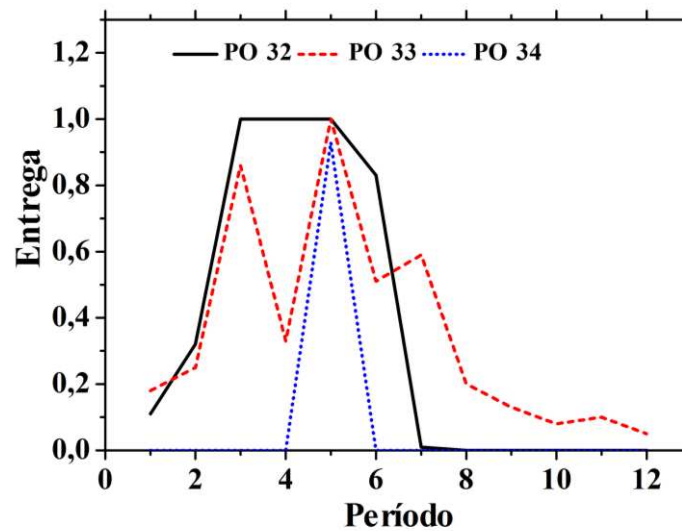


Figura 6-18. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em EECM- DNCDRHE

No entanto, em termos de exportação total dos portos, Santos apresenta uma redução da quantidade exportada, comparando a quantidade exportada na Seção 6.3.2.1, como mostra a Tabela 6-26.

Tabela 6-26. Destino da soja dos portos exportadores em EECM-T - DNCDRHE

Porto	País demandante	Quantidade entregue (mil t)	Quantidade total entregue (mil t)
PO 32- Santos (SP)	DE 36 – China	3.345,55	3.378,06
	DE 39 – Tailândia	32,51	
PO 33- Porto de Paranaguá (PR)	DE 35 – Alemanha	1.766,80	7.278,96
	DE 36 – China	3.742,07	
	DE 37 – Espanha	909,33	
	DE 38 – Países Baixos	503,34	
	DE 39 – Tailândia	357,40	
PO 34-São Francisco do Sul (SC)	DE 35 – Alemanha	106,20	106,20

Assim, o Porto de Paranaguá exporta mais soja para China do que o Porto de Santos, com exceção do período de pico das exportações quando Santos tem preferência.

6.3.2.3 CM-T

Para este cenário, o modelo instalou 22 hubs em 11 localidades, das quais apenas 6 estão localizadas dentro do Estado do MT, como mostra a Figura 6-19.

A maioria das microrregiões na região Central do Estado ainda atua como hub, mas com nível de capacidade instalada reduzida. O mesmo não ocorreu com as microrregiões da região Sudeste do Estado, onde apenas a MI 13 atua como hub e microrregiões importantes para o abastecimento de Santos não são selecionadas como ponto de instalação de hubs, como é o caso da MI 03 – Terminal de Alto Araguaia.

Com a possibilidade dos hubs de transbordo formarem estoque, a quantidade de hubs instalada dentro do Estado foi reduzida e a capacidade dos pontos de transbordo expandida, assim como observado nos cenários anteriores, como mostra a Tabela 6-27.

Com capacidade reduzida dentro do Estado e pouca localidades com hubs instalados, a maior parte da soja é coletada pelos pontos de transbordo que possuem grande capacidade. Portanto, as rotas intermediárias utilizadas pelo cenário CM-T sofrem influência do comportamento do fluxo, como mostra a Tabela 6-28.

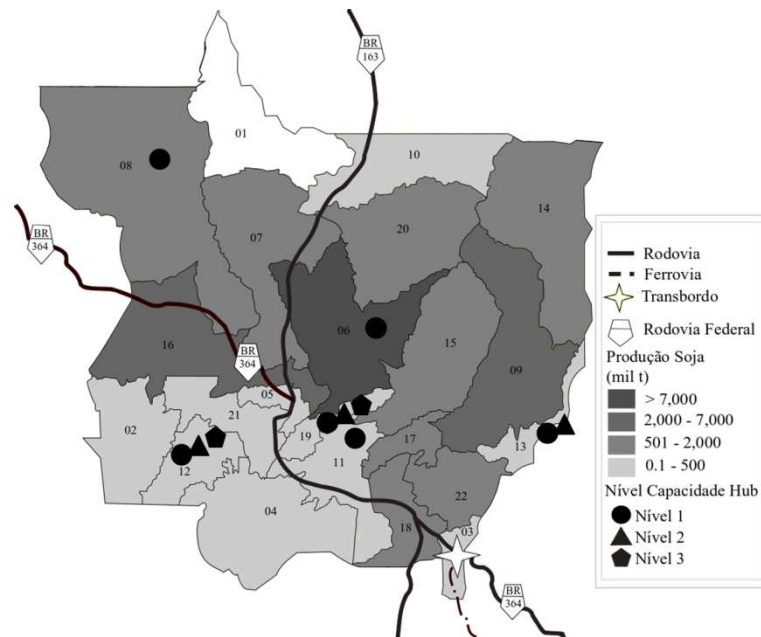


Figura 6-19. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para CM-T - DNCDRHE

Tabela 6-27. Hubs e capacidades instaladas em CM-T - DNCDRHE

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 11 – Cuiabá	618,22	
MI 12 – Jauru	142,26	10.506,41
MI 13 – Médio Araguaia	294,43	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP)	2.000,00	
TR 25 – Maringá (PR)	5.000,00	7.000,00
PO 32 – Porto de Santos (SP)	792,00	
PO 33 – Porto de Paranaguá (PR)	1.708,74	2.614,59
PO 34 – Porto de São Francisco do Sul (SC)	113,85	

As rotas que representam a soja que tem seu ponto de partida nos pontos de transbordo passam a concentrar a maior parte da soja movimentada. Para a TR 25(PR) – Maringá, além da coleta de soja realizada pelos pontos de transbordo, o fluxo é roteado via hubs e entregue à TR 25 para ser transportada ao Porto de Paranaguá posteriormente, por exemplo, as rotas MI 06 - Cuiabá – MI 19 – Rosário Oeste – TR 25 – Maringá (PR), MI 11 - Cuiabá – TR 25 – Maringá (PR) e MI 19 – Rosário Oeste – TR 25 – Maringá (PR).

Tabela 6-28. Rotas de consolidação/redirecionamento de soja em CM-T - DNCDRHE

Hub de Origem	Hub intermediário	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 06	MI 19	TR 25	478,08
MI 11	TR 25	TR 25	188,11
MI 11	TR 25	PO 33	793,10
MI 12	TR 25	PO 33	142,26
MI 13	TR 23	PO 32	294,43
MI 19	TR 25	TR 25	318,41
MI 19	TR 25	PO 33	191,43
TR 23	TR 23	PO 32	1.606,85
TR 25	TR 25	PO 33	4.760,24
TR 25	TR 25	PO 34	113,85

Outro ponto de destaque em relação às rotas é a diminuição do número de rotas utilizadas para abastecer os portos e a permanência da MI 19 – Rosário Oeste como ponto de redirecionamento, ainda que utilizada em menor intensidade.

Da soja exportada, 73,42% é transportada via hubs, enquanto 26,58% são entregues diretamente dos polos produtores aos portos. A Tabela 6-29 apresenta o modo como a soja foi entregue aos portos e a quantidade destinada.

Tabela 6-29. Balanço do modo de entrega da soja aos portos em CM-T - DNCDRHE

Portos	Transporte	Quantidade recebida (mil t)
Santos	Direto	2.075,44
	Via hubs	1.901,28
Paranaguá	Direto	785,58
	Via hubs	5.887,05
São Francisco do Sul	Direto	0,00
	Via hubs	113,85

De acordo com a Tabela 6-29, devido à instalação e expansão do TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi(SP) o transporte de soja ao porto é na sua maioria realizado por via rodoviária. Já para o Porto de Paranaguá o transporte é realizado de modo oposto, com a maioria entregue via hubs.

O comportamento do modo de entrega de soja aos portos pode ser explicado pelas formações de estoque dentro do Estado e nos transbordos. Na Figura 6-20 é possível visualizar que os hubs de armazenamento de excedente estão concentrados nas macrorregiões 1 e 2, microrregiões MI 08 e MI 06, respectivamente, ambas com alta capacidade de armazenamento e que mantêm seus estoques próximos ou na totalidade de suas capacidades.

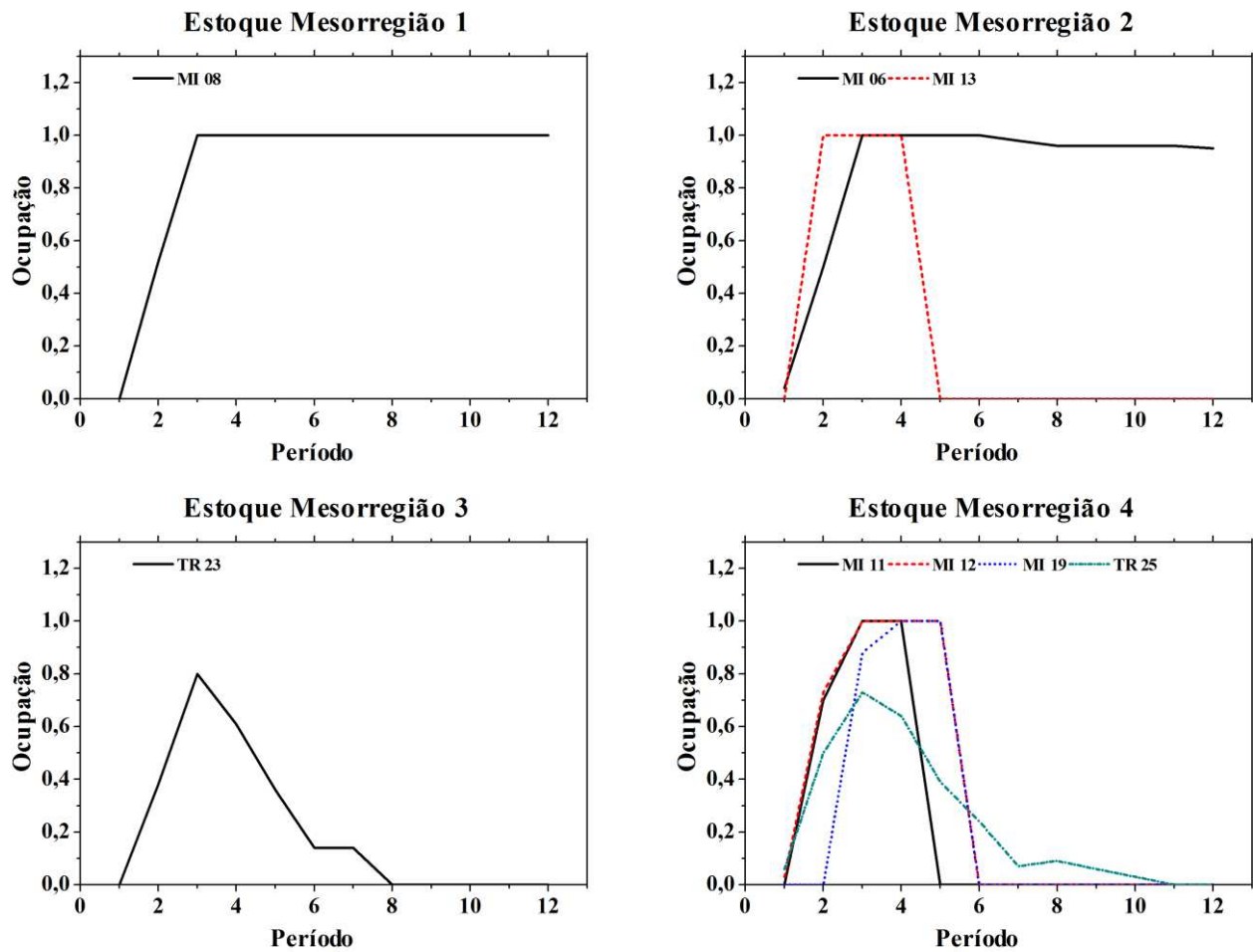


Figura 6-20. Estoques por macrorregião em CM-T - DNCDRHE

Já na Macrorregião 3 o único ponto de estoque é o TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP), que realiza um estoque de aproximadamente 80% de sua capacidade nos primeiro 3 períodos e com o qual abastece o Porto de Santos até o 8º período.

Na Macrorregião 4 o TR 25 – Maringá (PR) também forma estoque e, além dele, há mais 3 pontos de estoque na macrorregião. A presença de outros pontos de estoque na macrorregião 4 privilegiam o transporte de soja até o ponto de transbordo TR 25 e, conseqüentemente, a entrega consolidada.

É importante observar que apesar de manter estoque, os pontos de transbordo não ocupam sua capacidade total, pois deve haver capacidade livre para manusear a soja que usa o transbordo como hub intermediário.

De acordo com a movimentação do fluxo na rede, o comportamento das entregas por porto é mostrado na Figura 6-21.

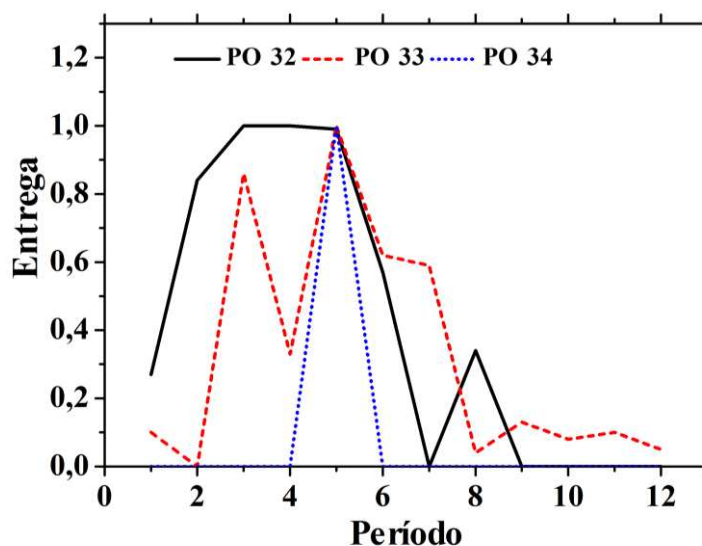


Figura 6-21. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em CM-T - DNCDRHE

Como a política de custos é igual a do cenário de CM, Seção 6.3.2.1, Santos recebe soja diretamente do polo produtor desde o 1º período e em maior quantidade. O inverso ocorre para o Porto de Paranaguá que ainda faz entregas diretas a partir do 3º período, mas a intensidade desta entrega é inferior à entrega realizada em CM.

Assim como observado na Seção 6.3.1.3, a política de armazenamento adotada influencia na participação dos portos nas exportações, como mostra a Tabela 6-30.

Tabela 6-30. Destino da soja dos portos exportadores em EECM-T - DNCDRHE

Porto	País demandante	Quantidade entregue (mil t)	Quantidade total entregue (mil t)
PO 32- Santos (SP)	DE 35 – Alemanha	203,75	3.976,73
	DE 36 – China	3.529,76	
	DE 37 – Espanha	163,35	
	DE 38 – Países Baixos	47,34	
	DE 39 – Tailândia	32,51	
PO 33 - Paranaguá (PR)	DE 35 – Alemanha	1.669,24	6.672,64
	DE 36 – China	3.444,01	
	DE 37 – Espanha	745,98	
	DE 38 – Países Baixos	455,99	
	DE 39 – Tailândia	357,40	
PO 34-São Francisco do Sul (SC)	DE 36 – China	113,85	113,85

Neste cenário, o Porto de Santos apresenta a maior participação nas exportações para China e em termos de abrangência de países e quantidade exportada para os mesmos. Similar ao que ocorre nos cenários anteriores, a exportação para outros países ocorre no 2º período e a maior

participação das exportações para China é devido à disponibilidade de soja no porto no 1º e 8º períodos.

6.3.2.4 EECM-T

Este cenário é o que instala a maior quantidade de hubs no maior número de localidades, quando comparado aos cenários anteriores, no total são 27 hubs distribuídos em 16 localidades, das quais 11 estão localizadas dentro do Estado do MT, como mostra a Figura 6-22.

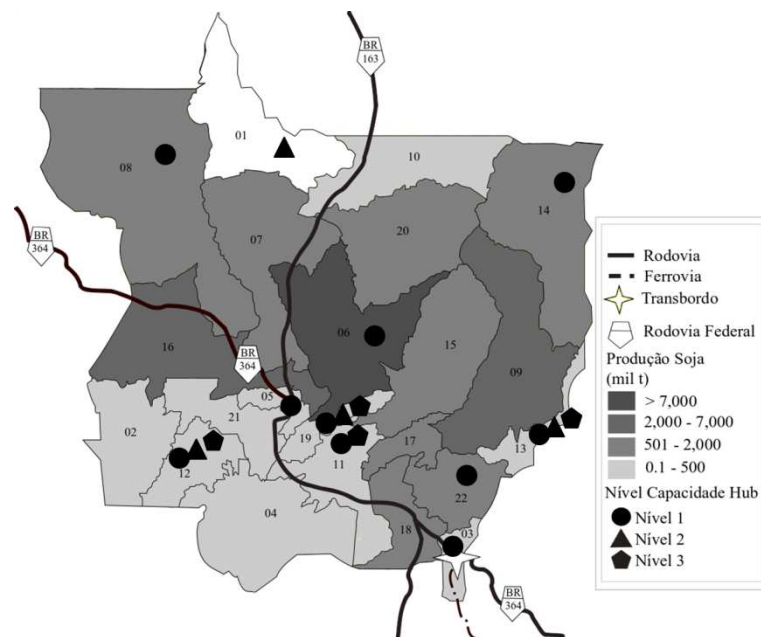


Figura 6-22. Localização dos hubs dentro do Estado do MT para EECM-T - DNCDRHE

Algumas microrregiões que estão geograficamente localizadas em pontos estratégicos de transporte e armazenamento foram selecionadas para a instalação ou expansão de hubs, como é o caso MI 03, MI 11, MI 13 e MI 22, como mostra a Tabela 6-31.

Com o incentivo a economia de escala, mesmo os pontos de transbordo podendo realizar estoques, a maior capacidade instalada está dentro do Estado, e apenas o TR 25 – Maringá (PR) teve sua capacidade dobrada.

Tabela 6-31. Hubs e capacidades instaladas em EECM-T - DNCDRHE

Hubs	Capacidade instalada por hub (mil t)	Capacidade total instalada (mil t)
MI 01 – Alta Floresta	108,36	
MI 03 – Alto Araguaia	1.033,70	
MI 05 – Alto Paraguai	33,17	
MI 06 – Alto Teles Pires	8.818,87	
MI 08 – Aripuanã	469,16	
MI 11 – Cuiabá	2.472,90	14.511,43
MI 12 – Jauru	142,26	
MI 13 – Médio Araguaia	588,86	
MI 14 – Norte Araguaia	296,83	
MI 19 – Rosário Oeste	163,44	
MI 22 – Tesouro	383,85	
TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembi (SP)	1.000,00	3.000,00
TR 25 – Maringá (PR)	2.000,00	
PO 32 – Porto de Santos (SP)	792,00	
PO 33 – Porto de Paranaguá (PR)	1.708,74	2.614,59
PO 34 – Porto de São Francisco do Sul (SC)	113,85	

Nas rotas intermediárias, os destaques são para as rotas MI 11-Cuiabá – TR 25 - Maringá – PO 33 – Porto de Paranaguá, que transporta a maior quantidade de soja exportada, seguida por TR 25 – Maringá (PR) – PO 33 – Porto de Paranaguá, MI 03 – Alto Araguaia – TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) – PO 32 – Porto de Santos e MI 13 – Médio Araguaia – TR 23 – São Simão (GO)/Anhembi (SP) – PO 32 – Porto de Santos, como mostra a Tabela 6-32.

Tabela 6-32. Rotas intermediárias em EECM-T - DNCDRHE

Hub de origem	Hub intermediário	Hub de destino	Quantidade transportada (mil t)
MI 03	TR 23	PO 32	1.033,70
MI 05	MI 19	TR 25	33,17
MI 06	MI 19	TR 25	884,12
MI 11	TR 25	PO 33	2.778,83
MI 11	TR 25	TR 25	686,93
MI 11	TR 25	PO 34	113,85
MI 12	TR 25	PO 33	426,79
MI 13	TR 23	TR 23	638,80
MI 13	TR 23	PO 32	909,52
MI 19	TR 25	PO 33	543,23
MI 22	TR 23	PO 32	383,85
TR 23	TR 23	PO 32	660,30
TR 25	TR 25	PO 33	2.430,77

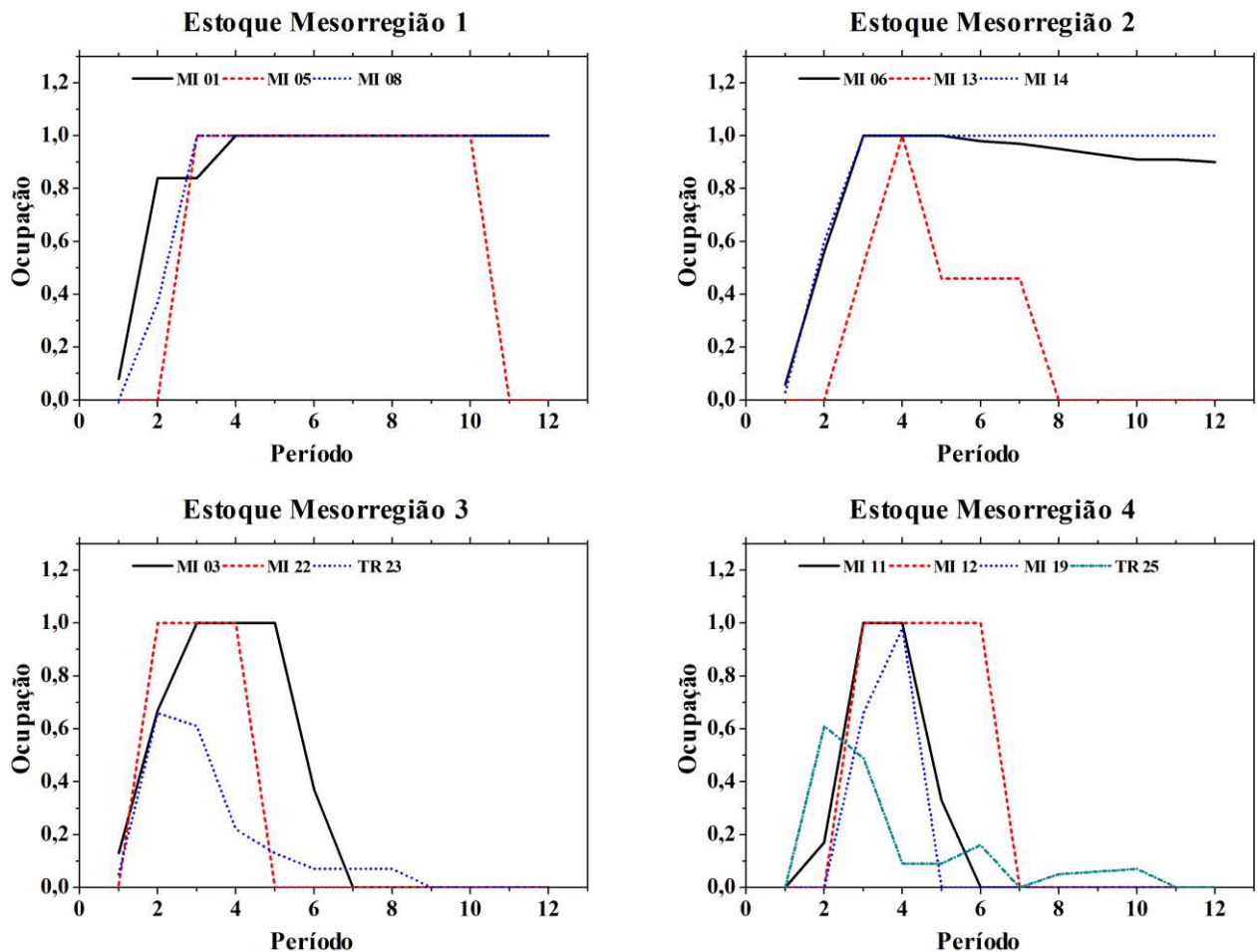
Em relação à soja exportada, 86,23% é roteada entre hubs e 13,77% são entregues diretamente aos portos. A Tabela 6-33 apresenta o modo como a soja foi entregue aos portos e a quantidade destinada.

Tabela 6-33. Balanço do modo de entrega da soja aos portos EECM-T- DNCDRHE

Portos	Transporte	Quantidade recebida (mil t)
Santos	Direto	548,24
	Via hubs	2.987,38
Paranaguá	Direto	934,09
	Via hubs	6.179,64
São Francisco do Sul	Direto	0,00
	Via hubs	548,24

De acordo com a Tabela 6-29, não houve grandes alterações quanto ao modo de transporte utilizado para levar a soja até o Porto de Paranaguá. No entanto, o Porto de Santos transporta aproximadamente 3 milhões de toneladas via hubs ao porto e apenas 550 mil toneladas por transporte direto.

A mudança ocorrida no modo de transporte da soja para Santos é resultado da formação de estoques realizadas nas Macrorregiões, como mostra a Figura 6-23.

**Figura 6-23. Estoques por macrorregiões em EECM-T - DNCDRHE**

Como mencionado anteriormente, os hubs de armazenamento ficam localizados nas macrorregiões 1 e 2, por serem regiões geograficamente distante dos portos. Já as macrorregiões 3 e 4 apresentam mais de um hubs de estoque para abastecer os portos de Santos e Paranaguá, respectivamente. Além disso, o Porto de Santos também dispõe do estoque da MI 13 - Médio Araguaia na Macrorregião 2.

A alteração nas áreas de formação de estoque também alteraram as entregas realizadas pelos portos, como mostra a Figura 6-24.

Uma das alterações observadas é a extensão de períodos das entregas realizadas por Santos, que é constante até o 10º período.

O comportamento particular das TR 23 e TR 25, neste cenário, evidencia a relação entre estoques e entregas, indicando que o local de formação do estoque e a quantidade de estocada garantem a participação do porto nas entregas de soja.

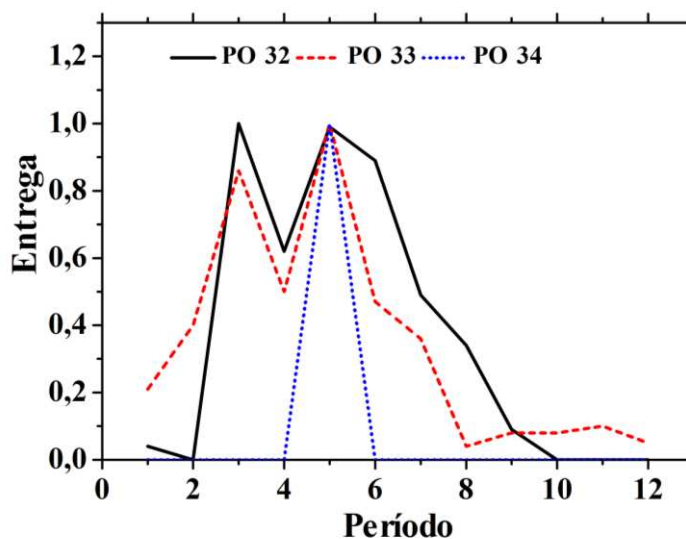


Figura 6-24. Intensidade das entregas realizadas pelos portos em EECM-T - DNCDRHE

Em especial, no caso da Macrorregião 3, normalmente uma região dedicada a atender o Porto de Santos, possui 3 pontos de estoque para Santos, a MI 03 – Alto Araguaia, a MI 22 - Tesouro e TR 23 – São Simão (GO)/ Anhembí (SP), o que garante o abastecimento do Porto, Figura 6-23.

De acordo com a Tabela 6-34, a política de transporte adotada propicia a consolidação do fluxo que tem como destino o Porto de Santos, mas não incentiva o aumento da quantidade transportada.

Tabela 6-34. Destino da soja dos portos exportadores em EECM-T - DNCDRHE

Porto	País demandante	Quantidade entregue (mil t)	Quantidade total entregue (mil t)
PO 32- Santos (SP)	DE 36 – China	3.535,62	3.535,62
	DE 35 – Alemanha	1.873,00	
	DE 36 – China	3.551,99	
PO 33- Porto de Paranaguá (PR)	DE 37 – Espanha	846,23	7.113,75
	DE 38 – Países Baixos	482,19	
	DE 39 – Tailândia	360,32	
	DE 37 – Espanha	63,10	
PO 34-São Francisco do Sul (SC)	DE 38 – Países Baixos	21,14	113,85
	DE 39 – Tailândia	29,59	

A análise do comportamento de entregas mostra que o Porto de Santos entregou uma maior quantidade de soja no 1º período para China e, com isso, não opera no segundo. Apesar do porto realizar entregas até o 9º período, as quantidades tendem a diminuir a partir do 6º, deste modo, o Porto de Paranaguá realiza a maior parte das exportações.

6.4 CONCLUSÃO

O modelo apresentado neste capítulo tem por objetivo estabelecer a cadeia de exportação da soja desde os produtores até os países importadores. Para isso, o número máximo de hubs pelo qual o fluxo pode ser roteado num período foi ampliado, também foram incluídos na rede os países importadores e rotas marítimas.

Um ponto de destaque nesta análise é a escolha dos portos, não apenas pelos portos que são escolhidos, mas pela influência da capacidade na escolha dos mesmos e, consequentemente, no design de rede dentro do país. De acordo com a capacidade disponível nos portos abertos, são definidas as rotas e a quantidade de carga consolidada para o transporte ou entregue diretamente aos mesmos.

É pertinente estender a influência das capacidades para os outros pontos da rede. A mudança na capacidade de pontos no interior do Estado do Mato Grosso e/ou nos pontos de transbordo também afetariam as decisões do modelo em termos de localidades escolhidas, rotas utili-

zadas e fluxo consolidado ou não. Tais alterações também são influenciadas pelo custo de transporte e abertura.

Para ilustrar esta influência, foram realizadas variações na capacidade dos portos. Em especial, o Porto de Santos foi selecionado para esta análise de sensibilidade por causa de sua alta participação e por ser um dos maiores gargalos nas exportações de soja brasileira.

Logo, a análise de sensibilidade da capacidade considerou a possibilidade de expansão ou não da capacidade do Porto de Santos. Na condição de capacidade expansível, são estabelecidos apenas os portos de Santos, Paranaguá e São Francisco do Sul. De modo geral, o Porto de Paranaguá escoia a maior parte da soja disponível para exportação, em todos os quatro cenários avaliados. Nesta situação, Santos exporta em média 32%. Ao considerar a capacidade de Santos não expansível, o fluxo anteriormente destinado a Santos é redistribuído e há a necessidade da utilização de um quarto porto para realizar as exportações, o Porto de São Luís. Considerando os cenários avaliados, o Porto de Santos transporta no máximo 12,97% de toda a soja exportada, o que representa uma significativa redução de sua participação, como mostra a Tabela 6-35.

Tabela 6-35. Participação nas exportações por porto

Portos	Capacidade de Santos não-expansível				Capacidade de Santos expansível			
	CM	EECM	CM-T	EECM-T	CM	EECM	CM-T	EECM-T
São Luís (MA)	19,53%	19,55%	18,30%	18,44%	-	-	-	-
Santos (SP)	8,51%	8,20%	12,97%	11,43%	31,60%	31,39%	36,95%	32,85%
Paranaguá (PR)	68,53%	68,82%	66,73%	68,28%	67,41%	67,63%	61,99%	66,09%
São Francisco do Sul (SC)	3,43%	3,43%	2,00%	1,86%	0,99%	0,99%	1,06%	1,06%

Os resultados da análise de sensibilidade também podem ser observados na mudança de comportamento das entregas, como mostra a Tabela 6-36.

Para Santos com capacidade expansível nota-se que, com exceção dos cenários EECM e EECM-T, as entregas realizadas diretamente ao Porto de Santos, via rodovia, são maiores do que as entregas realizadas por meio de consolidação/redirecionamento, entregas via hubs. Já para Santos não-expansível, com a diminuição do fluxo enviado ao porto, houve uma inversão no modo de transporte, com exceção do CM, e as entregas entre hubs se tornaram maiores do que as entregas diretas.

Tabela 6-36. Comportamento das entregas considerando a capacidade dos portos

Portos	Modo de Entrega	Capacidade Santos não-expansível				Capacidade de Santos expansível			
		CM	EECM	CM-T	EECM-T	CM	EECM	CM-T	EECM-T
São Luís	Direto	16,15%	3,48%	19,28%	5,09%	-	-	-	-
	Entre hubs	15,45%	27,90%	17,66%	27,76%	-	-	-	-
Santos	Direto	8,97%	8,98%	7,30%	8,68%	16,15%	3,48%	19,28%	5,09%
	Entre hubs	58,44%	58,65%	54,70%	57,41%	15,45%	27,90%	17,66%	27,76%
Paranaguá	Direto	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,97%	8,98%	7,30%	8,68%
	Entre hubs	0,99%	0,99%	1,06%	1,06%	58,44%	58,65%	54,70%	57,41%
São Francisco do Sul	Direto	74,88%	87,54%	73,42%	86,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Entre hubs	25,12%	12,46%	26,58%	13,77%	0,99%	0,99%	1,06%	1,06%
Total transportado entre hubs		74,88%	16,15%	3,48%	19,28%	5,09%	74,88%	87,54%	73,42%
Total transportado direto		25,12%	15,45%	27,90%	17,66%	27,76%	25,12%	12,46%	26,58%

Ao contrário do comportamento observado para o Porto de Santos, o Porto de Paranaguá, quando Santos é considerado expansível, possui uma quantidade de transporte direto bem inferior do que a do transporte entre hubs. Quando Santos é considerado não-expansível, há um aumento no transporte direto e entre hubs, no entanto, o aumento maior é no transporte direto. Este comportamento pode ser explicado pelo maior fluxo destinado a Paranaguá, que causa um esgotamento na capacidade de transbordo de Maringá (PR) e, de acordo, com o *trade-off* de custo de abertura do nível de capacidade de Maringá (PR) e o custo do transporte direto, foi escolhido pelo modelo o transporte direto.

Mesmo com o aumento do transporte direto para o Porto de Paranaguá, nas condições de Santos não-expansível, ainda há um ganho das entregas entre hubs realizadas aos portos, comparado à condição de Santos expansível.

A localização dos hubs dentro do Estado e dos pontos de transbordo também é influenciada pelas escolhas dos portos que os mesmos terão que abastecer. Para Santos expansível, a maior parte o fluxo se concentra na região Centro-Sul do Estado e as exceções de localização são os hubs de armazenamento de excedente. Já para Santos não-expansível, com a abertura do Porto de São Luís, há uma distribuição dos hubs pela região Nordeste e Sudeste do Estado.

Mesmo com as diferenças de localização de hubs causado pelas diferentes condições de capacidade dos portos, nota-se que há microrregiões onde são instalados hubs, independente das avaliações de capacidade de portos e de cenários. Este é o caso de microrregiões como a MI 06 – Alto Teles Pires, com exceção de EECM-T para Santos não-expansível, assim como, MI 08 – Aripuanã, MI 11 – Cuiabá, MI 12 – Jauru, MI 13 – Médio Araguaia, com exceção de Santos não-expansível no cenário CM-T e MI 19 – Rosário Oeste.

Estas observações permitem concluir que alguns pontos são essenciais no transporte via hubs ou para armazenamento e/ou posterior expedição da soja. Convém ressaltar que algumas localidades foram abertas para apenas uma das condições, para Santos expansível ou para Santos não-expansível. Entre estas localidades destaca-se a MI 03 – Alto Araguaia para Santos expansível, exceção do cenário CM-T.

A justificativa para escolha da MI 03 – Alto Araguaia como hub para apenas uma das condições, apesar de sua importância como ponto de consolidação, é que quando a capacidade do Porto de Santos é considerado expansível, são instalados nele os 3 níveis de capacidade. Assim, com a possibilidade de entregar grandes volumes de soja, o porto é mais utilizado, o que resulta na abertura de MI 03, pois a economia no custo de transporte compensa o custo de abertura. O contrário acontece com a condição de Santos não-expansível, onde apenas o nível 1 de capacidade do porto está disponível e o volume exportado passa a ser insuficiente para que a economia do custo de transporte compense o custo de abertura da MI 03.

A mesma situação pode ser observada para outras microrregiões, como é o caso das MI 09 - Canarana e MI 22 - Tesouro.

Já a comparação dos resultados, das médias das participações dos portos nas exportações de soja dos diferentes cenários, com a participação real dos portos, segundo MDIC (2013), apresenta uma inversão no eixo de exportação, como mostra a Tabela 6-37.

Tabela 6-37. Participação na exportação de soja por porto

Portos	MDIC, 2013	Capacidade de Santos não-expansível	Capacidade de Santos expansível
Manaus (AM)	10,49%	-	-
Santarém (PA)	4,92%	-	-
São Luís (MA)	2,63%	18,98%	-
Vitória (ES)	7,30%	-	-
Santos (SP)	59,15%	9,97%	32,22%
Paranaguá (PR)	11,65%	68,41%	66,75%
São Francisco do Sul (SC)	3,86%	2,72%	1,02%

De acordo com o MDIC (2013), na safra 2012, o Porto de Santos foi responsável por exportar aproximadamente 59% da soja brasileira, enquanto Paranaguá exportou aproximadamente 12%. No entanto, de acordo com os resultados obtidos pelo modelo, para condição de expansão da capacidade do Porto de Santos, a exportação média apontada para o porto, pelos diferentes cenários, é de apenas 32% e de Paranaguá é de aproximadamente 67%. Quando considerada a

condição de não expansão da capacidade do Porto de Santos, a exportação média do porto é de aproximadamente 10% e de Paranaguá é de 68%, com redirecionamento do fluxo para o Porto de São Luís.

Sobre a comparação dos resultados para o Porto de Santos, tem-se que, para Santos expansível, a capacidade instalada no porto é o dobro da capacidade graneleira atualmente instalada (ANTAQ, 2012) e para atingir a participação atual de 59%, seria necessário que o Porto trabalhasse no limite da capacidade instalada, pelo modelo DNCDRHE, durante os 12 períodos avaliados, uma vez que exporta 32% atuando em metade do período (Figura 6-15, Figura 6-18, Figura 6-21 e Figura 6-24). Tal participação é impossível de ser alcançada para Santos não-expansível.

Já em relação ao redirecionamento do fluxo de Santos para o Porto de São Luís é possível pela consideração da rota futura rodoferroviária via terminal de transbordo de Porto Nacional (TO). A consideração desta rota indica que no futuro poderá haver uma mudança no eixo de exportação da soja que segue os portos do norte do país. Hoje, os portos do norte do país com maior participação na exportação de soja são os portos de Manaus e Santarém, que juntos exportam aproximadamente 16% da soja, porcentagem próxima da exportada por São Luís na condição de Santos não-expansível.

CAPÍTULO 7 . CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES

O estudo apresentado neste trabalho refere-se ao problema de planejamento estratégico da cadeia de exportação de soja brasileira através do modelo de design de rede de hubs.

Inicialmente, foi realizada uma estimativa sobre a quantidade disponível de soja e da quantidade disponível para exportação em cada microrregião, a definição dos principais portos de exportação da soja proveniente do Estado do Mato Grosso, os principais países importadores de soja do Estado do Mato Grosso, a identificação e coleta de dados das rotas que ligam as regiões produtoras aos portos, e seus respectivos custos, incluindo a identificação dos pontos de transbordo existentes em cada rota. Também foram identificadas as rotas marítimas que ligam os portos aos países importadores da soja, e a capacidade disponível para o armazenamento em cada microrregião, pontos de transbordo e portos.

Uma revisão bibliográfica dos trabalhos destinados a design de rede e localização de produtos relacionados foi realizada.

Após a revisão bibliográfica foi realizado a análise dos dados no modelo de design de rede de hub (CDRH) proposta pela literatura e, a partir do qual foi apresentada a fundamentação das mudanças necessárias no modelo para o mesmo abrange-se as especificações da cadeia da soja.

Basicamente, este modelo foi escolhido devido à carência de trabalhos que abordem o problema da localização de facilidades e design de rede de modo conjunto, e por causa das vantagens que este modelo de planejamento trás para a rede.

Uma vez definido o modelo e as necessidades da rede, foi proposto um novo modelo (DCDRH) que inclui as características de multi-período, devido à variação da oferta/demanda e custos da rede ao longo do tempo, e armazenamento, necessária por causa da sazonalidade da produção. As análises de resultados para este modelo, baseado nas análises de sensibilidade propostas, mostrou a carência de incentivo ao transporte consolidado ao porto de Santos e os benefícios de estabelecer pontos de armazenagem fora do Estado do MT, ou seja, nos pontos de transbordo. Também foi constatado que quando há uma saturação dos estoques, a rede sofre penalizações e não é capaz de operar na sua otimalidade.

Baseado nos resultados obtidos pelo modelo (DCDRH) e da necessidade real do estado em expandir sua capacidade estática atual de armazenagem (IMEA, 2013), foi proposta uma nova característica ao modelo para que a capacidade de operação de cada hub passasse a ser uma variável de decisão (CNCDRH). Os resultados obtidos indicaram microrregiões com potencial para expansão, com expressiva concentração de hubs na região Sudeste e Sul do Estado. As análises de sensibilidade também apontam para a vantagem de aproximar os estoques das demandas e identificam as rotas onde o transporte deve ser realizado com consolidação, seja por maiores comboios ou pela construção de um modal ferroviário, por exemplo.

As escolhas realizadas pelo modelo estão relacionadas à minimização do custo total, ou seja, do custo de transporte e armazenamento, portanto, o design da rede está ligado ao custo de abertura dos hubs, que neste trabalho é baseado somente na capacidade instalada. Para uma melhor adequação realizada do Estado, os custos de abertura podem incluir: custos resultantes da disponibilidade de espaço físico, impostos, etc.

Por último foi abordado o problema de capacidade dos portos e sua influência no design da rede. Para análise deste problema foi desenvolvido um modelo (DNCDRHE) que tem como ponto de demanda os países exportadores de soja e os portos passam a serem pontos com potencial para a instalação de hubs. O aumento de 5 nós na rede causou um aumento significativo na complexidade do modelo e tornou inviável a resolução do problema por método exato para a análise de 3 anos.

Para analisar a influência da capacidade dos portos, o Porto de Santos, um dos grandes gargalos da logística brasileira, foi escolhido para a análise de sensibilidade. Na primeira análise, todos os hubs podem ter sua capacidade de operação expandida, exceto o Porto de Santos, e na segunda análise, todos os hubs podem ter sua capacidade expandida incluindo o Porto de Santos.

Os principais resultados deste modelo são referentes à diminuição de quantidade de soja enviada ao Porto de Santos. Esta diminuição ocorre porque o fluxo enviado a cada hub é condizente com sua capacidade real no período.

Quando o Porto Santos não pode expandir sua capacidade, ele foi capaz de exportar pouco mais de 12% da soja exportada pelo Estado do Mato Grosso e, quando sua capacidade foi expandida esta taxa passou para pouco mais de 30%. Logo, mesmo sob uma condição hipotética de sextuplicar a capacidade do porto para atender a exportação do Estado do MT, o Porto de Santos não apresenta capacidade para exportar a taxa atual de soja de 60%.

A análise de sensibilidade aplicada aos outros modelos também foi aplicada a este modelo, no caso de expansão ou não de capacidade, e resultados avaliados.

Convém ressaltar que o modelo proposto e cada um dos modelos analisados abordam características distintas de design de rede e devem ser utilizados de acordo com as características que se deseja otimizar.

O modelo DRH apresentado no Capítulo 3, não trata do armazenamento da soja e os hubs instalados atuam apenas como pontos de redirecionamento / consolidação, ou seja, neste caso, o fluxo apenas passa pelo hub. Este modelo também permite explorar e identificar trechos onde a consolidação proporcionaria economia de transporte. O modelo DCDRH, Capítulo 4, inclui, além das características do modelo CDRH, as características dinâmicas e de armazenamento, o que permite que o design da rede seja estabelecido considerando as necessidades do transporte, e sua exploração, e de armazenamento por período. Já o modelo DNCDRH, Capítulo 5, é uma extensão do modelo DCDRH, onde o modelo define a capacidade de operação de cada hub estabelecido, permitindo assim, a análise de pontos de expansão de capacidade em conjunto com as mudanças necessárias no transporte. E, o modelo DNCDRHE, Capítulo 6, estende a análise do design da rede considerando a capacidade de operação dos portos.

Além disso, este trabalho pode ser aplicado a qualquer tipo de *commodity*, por exemplo, cereais, minérios, etc.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

O campo de pesquisa para problemas reais e de localização com design de redes é muito vasto. A partir do estágio alcançado pela pesquisa desenvolvida na presente tese, algumas extensões são possíveis para a sua continuidade:

- Otimização da rede considerando o consumo interno da soja em grão;
- Dimensionar o número de veículos usados para cada tipo de transporte;
- Trabalhar com limite de tempo nas entregas de soja aos países demandantes;
- Expandir a rede e abranger outros Estados considerados polos produtores;
- Desenvolver estudos para tornar o modelo mais eficiente;

- Desenvolver métodos capazes de solucionar problemas maiores;
- Considerar toda a cadeia produtiva da soja: grão, óleo e farelo, e incluindo nesta proposta, processadores, terminais de transbordo e portos especializados para cada produto.

REFERÊNCIAS

- ALUMUR, S.; KARA, B. Y., (2008). **Network hub location problems: The state of the art**. European Journal of Operational Research, v. 190, n. 1.
- AMARAL, M.; ALMEIDA, M. S.; MORABITO, R. (2012). **Um modelo fluxos e localização de terminais intermodais para escoamento da soja brasileira destinada à exportação**, Gestão e Produção, v.19, n. 2, p. 717-732.
- ANTAQ – Agência Nacional de Transporte Aquaviário. **Anuário Estatístico 2012**. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2012/index.htm>>. Acesso em: Agosto, 2013.
- ARNOLD, P.; PEETERS, D.; THOMAS, I.; MARCHAND, H., (2001). **Pour une localization optimal des centres de transbordement intermodaux entre réseaux de transport: formulation et extensions**. The Canadian Geographer, n. 3, p. 427-436.
- ARNOLD, P.; PEETERS, D.; THOMAS, I., (2004). **Modelling a rail/road intermodal transportation system**. Transportation Research Part E, v. 40, p. 255-270.
- BOLAND, N.; KRISHNAMOORTHY, M.; ERNST, A. T, EBERY, J., (2004). **Preprocessing and cutting for multiple allocation hub location problems**. European Journal of Operational Research, v. 155, p. 638-653.
- CAIXETA FILHO, J. V. (1996). **Transporte e logística no sistema agroindustrial**. Preços Agrícolas: mercados agropecuários e agrobusiness, v.10, n. 119, p. 2-7.
- CAMPBELL, J. F., (1994). **Integer programming formulations of discrete hub location problems**. European Journal of Operational Research, v. 72, p. 387-405.
- CAMPBELL, J. F.; O’KELLY, N. E., (2012). **Twenty-five year of hub location research**. Transportation Science, v. 46, n. 2, p. 153-169.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2013). **Armazenagem de grãos na propriedade rural: Análise para os casos de milho e soja. Cuiabá-MT, 2012**. Disponível em: www.cbsoja.com.br/anais/apresentacao/armazenagem-rural.pdf. Acesso em: Janeiro de 2013.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2013a). **Relatório de capacidade estática Mato Grosso**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: Abril, 2013.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2013b). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos Safra 2012/2013 - 6º levantamento**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_03_07_10_39_19_levantamento_safras_graos_6.pdf. Acesso em: Abril, 2013.

CONTRERAS, I.; CORDEAU, J. F.; LAPORTE, G. (2011). **The dynamic uncapacitated hub location problem.** *Transportation Science*, v. 45, p. 18-32.

CONTRERAS, I.; CORDEAU, J. F.; LAPORTE, G. (2012). **Exact Solution of Large-Scale Hub Location Problems with Multiple Capacity Levels.** *Transportation Science*, v. 46, p. 439-459.

CONTRERAS, I., FERNÁNDEZ, E. (2012). **General network design: A unified view of combined location and network design problems.** *European Journal of Operational Research*, 219, 680-697.

CORREIA, I.; GELAREH, S.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA (2012). **Multi-period hub location problems in transportation networks.** *Working in paper*. Disponível em: <<https://www.fc.ul.pt/sites/default/files/fcul/unidinvestig/cio/Working%20Papers%202012/9.2012.pdf>>

CORREIA, I.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F., (2010). **Single-assignment hub location problems with multiple capacity levels.** *Transportation Research Part B*, v. 44, p. 1047-1066.

DUBKE, A., F.; PIZZOLATO, N., D., (2011). **Location model of specialized terminals for soybean exports in Brazil,** *Pesquisa Operacional*, v. 31, n. 1, p. 21-40.

EBERY, J.; KRISHNAMOORTHY, M.; ERNST, A.; BOLAND, N., (2000). **The capacitated multiple allocation hub location problem: Formulations and algorithms.** *European Journal of Operational Research*, v. 120, p. 614-631.

GROOTHEDDE, B.; RUIJGROK, C.; TAVASSZY, L. (2005). **Towards collaborative, inter-modal hub networks: A case study in the fast moving consumer goods market.** *Transportation Research Part E*, v. 41, p. 567-583.

FARAHANI, R. Z.; HEKMATFAR, M.; ARABANI, A. B.; NIKBAHSH, E., (2013). **Hub location problems: A review of models, classification, solution techniques, and applications.** *Computers & Industrial Engineering*, 64, 1096-1109.

FERRARI, R., C., (2006). **Utilização de modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no estado de Mato Grosso.** *Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013). **Divisão Territorial.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: Fevereiro, 2013.

IMEA - INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA, (2013). **Mapa da regiões.** Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/justificativamapa.pdf>

IMEA - INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA, (2013a). **Conhecimento em Conjuntura e estrutura do Agronegócio de Mato Grosso**. Disponível em: http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Apresentacao_MT_25_06_2013.pdf. Acesso em: Setembro, 2013.

IMEA - INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA, (2013b). **Informe Colheita**. Disponível em: <http://www.imea.com.br/publicacoes.php?categoria=4&subcategoria=8>. Acesso em: Maio, 2013.

ISHFAQ, R.; SOX, C. R., (2011). **Hub location-allocation in intermodal logistic networks**. *European Journal of Operational Research*, v. 210, p. 213-230.

LIUM, A.G.; CRAINIC, T.G.; WALLACE, S.W., (2009). **A study of demand stochasticity in service network design**. *Transportation Science*, 43,144–157.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, (2013). **Plano Agrícola e Pecuário 2013/2014**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pap>. Acesso em: Julho, 2013.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (2013a). **Projeções do agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2013**. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/projecoes%20-%20versao%20atualizada.pdf. Acesso em: Julho, 2013.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (2013b). **Agronegócio Brasileiro: Alavanca do mercado interno, oportunidades e desafios no segmento da armazenagem**. Disponível em: <http://www.abag.com.br/pdf/seminario-07-06-2013/ABAG-FORUM-SP-07-06-2013-Carlos-Alberto.pdf>. Acesso em: Novembro, 2013.

MARÍN, A., (2005). **Formulating and solving splittable capacitated multiple allocation hub location problems**. *Computers & Operations Research*, v. 32, p. 3093-3109.

MDIC - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO, 2013. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em: Fevereiro, 2013.

MEDEIROS, J. A. V.; GOLDSMITH, P. D., (2013). **Mapping private, commercial, and cooperative storage in Mato Grosso**. *The Soybean Research Journal*. The Mato Grosso Foundation. Disponível em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/149250/2/medeirosgoldsmithenglish%20abstract.pdf>. Acesso em: Janeiro, 2014.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Programa de Investimento em Logística: Rodovia e Ferrovia**. Disponível em: www.transportes.gov.br/public/arquivo/arq1345056805.pdf. Acesso em: Julho, 2013.

MORCELI, P., (2012). **Armazenagem de grãos na propriedade rural: Análise para os casos de milho e soja**. VI Congresso Brasileiro de Soja de Soja, Cuiabá-MT 2012. Disponível em:

<<http://www.cbsoja.com.br/anais/apresentacao/armazenagem-rural.pdf>>. Acesso em: Janeiro, 2013.

OJIMA, A., L., R. O. (2004). **Análise da movimentação logística e competitividade da soja brasileira: uma aplicação de um modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática.** *Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Estadual de Campinas.*

OJIMA, A., L., R. O. (2006). **Perfil da logística de transporte de soja no Brasil.** *Informações Econômicas*, v. 36, n. 1, p. 17-25.

O'KELLY, M. E. (1986). **The location of interacting hub facilities** .*Transportation Science*, v. 20, p.92-106.

O'KELLY, M. E. (1987). **A quadratic integer programming for location of interacting hub facilities.** *European Journal of Operational Research*, v. 32, p.393-404.

OLIVEIRA, A. L. R., (2007). **Transporte de soja do Estado do Mato Grosso para exportação: uma aplicação de programação linear.** *Revista de Economia Agrícola, São Paulo*,v, 54,p, 33-41.

OLIVEIRA, A. L. R., (2011). **A logística agroindustrial frente ao mercados diferenciados: principais implicações para a cadeia da soja.** *Informações Econômicas*, v. 41, n. 6.

Oliveira, A., L., R., (2011a). **O sistema logístico e os impactos da segregação dos grãos diferenciados: desafios para o agronegócio.** *Tese de doutorado – Faculdade de Economia, Universidade Estadual de Campinas.*

OLIVEIRA, A. L. R., SILVEIRA, J. M. F. J. (2013). **Restructuring of the corn supply chain in Brazil: facing the challenges in logistics or regulation of biotechnology.** *The International Food and Agribusiness Management Review*, 16, 1-24.

PEIXOTO, N. E. S.; PINTO, K. C. R., (2012). **Rede de fluxo de custo mínimo para a soja destinada ao processamento no centro- sudeste brasileiro**, *Simpósio de Pesquisa Operacional & Logística da Marinha.*

PINHEIRO, M., A.; CAIXETA-FILHO, J., V., (2010). **O escoamento da soja em grão do Mato Grosso para exportação pelos portos de Santos, Paranaguá e Itaqui: uma aplicação de programação linear.** *Sociedade Brasileira de economia Administração e Sociologia Rural – SOBER.*

RACUNICA, I.; WYNTER, L., (2005). **Optimal location of intermodal freight hubs.** *Transportation Research Part B*, v. 39, p. 453-477.

SEAB – Secretária do Estado de Agricultura e do Abastecimento. **Soja – Análise da conjuntura agropecuária**, 2012, Disponível em:
http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf, Acesso em: 22 de Julho de 2013.

SIFRECA. Sistema de Informações de Fretes. **Frete Rodoviários – Soja 2012**. Disponível em: <<http://sifreca.esalq.usp.br/sifreca/pt/index.php>>. Acesso em: Agosto, 2013.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, (2013). **Soybean transportation Guide: Brazil 2012**. Disponível em:

<http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5103745>. Acesso em: Junho, 2013.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, (2013a). **Brazil Soybean Production Forecast to Reach 88 Million Metric Tons; Lower Commodity Prices Forecast to Diminish Soybean Complex Export Value**. Disponível em:

http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Oilseeds%20and%20Products%20Update_Brasilia_Brazil_10-30-2013.pdf. Acesso em: Fevereiro, 2014.

ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO DOS CUSTOS TERRESTRES

Como mencionado no Capítulo 2, os fretes rodoviários foram calculados de acordo com a base de dados do SIFRECA (2012).

De acordo com Ojima (2004) e Oliveira (2011a), os custos de transporte foram estimados por meio de equações lineares baseadas nas distâncias entre os pontos de origem e destino. O comportamento de custo do modal foi analisado por meio de um modelo de regressão linear múltipla, considerando comportamento diferenciado para os fretes rodoviários até 500 km e superior a 500 km.

Assim, para o modal rodoviário, tem-se:

$$Y = \beta X + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 \delta X + \beta_2 (1 - \delta) X + \varepsilon$$

onde,

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{se distância} \geq 500 \\ 0 & \text{se distância} < 500 \end{cases}$$

Y = frete em US\$/tonelada

X = distância em quilômetros

β = coeficiente de regressão

δ = variável binária

ε = erro aleatório

Para definir as distâncias das microrregiões aos pontos de destino foram listadas as cidades que compõem cada microrregião e, identificada à distância⁵ de cada uma até o ponto desejado. Considerando que as cidades que compõem a microrregião produzem quantidades distintas de soja e, que a quantidade transportada influencia no preço do frete, foi calculado a média ponderada da distância pela produção das cidades, o que resultou na distância da microrregião para o ponto de destino.

A Tabela A-1 apresenta um exemplo do cálculo da distância rodoviária da microrregião a um ponto de destino.

⁵ As distâncias (em km) foram obtidas pelo Google Maps.

A primeira coluna apresenta a microrregião considerada neste exemplo, a microrregião do Alto Araguaia. Na segunda coluna são listadas as cidades que compõem esta microrregião e, na terceira coluna a produção de soja da cada uma (MDIC, 2013). Na quarta e quinta colunas, Santarém e Cuiabá são dois pontos de destino.

Convém ressaltar, que a produção de soja por cidade obtida através do MDIC (2013) é utilizada nestes cálculos, apenas para considerar os diferentes pesos que cada cidade exerce em sua microrregião. No entanto, estes dados não foram utilizados para identificar a quantidade produzida por microrregião na Tabela 2-1, pois estes dados confrontados com os dados de exportação apresentam diferenças significativas, e os dados de exportação são aferidos de modo mais rigoroso.

Tabela A-1 – Exemplo do cálculo da distância rodoviária ponderada pela produção de soja

			Distância percorrida ao ponto de destino (Km)	
Microrregião	Nome da cidade	Produção de soja (mil t)	Santarém	Cuiabá
Alto Araguaia	Alto Araguaia	48.10	2094	394
	Alto Garças	243.81	2043	343
	Alto Taquari	175.80	2184	459
Alto Araguaia		467.70	2101	392

Fonte: Google Maps e MDIC, (2013).

Logo, foi identificado que a distância rodoviária entre Alto Taquari e Santarém, por exemplo, é de 2.184 km. Identificadas todas as distâncias é realizada a média ponderada pela produção de soja e, é obtido que a distância da microrregião de Alto Araguaia a Santarém é de 2.101 km.

Para as rotas ferroviárias e hidroviárias, os fretes foram obtidos por pesquisa com *trades* que operam no transporte de soja e, não foi realizada a regressão linear, devido ao número reduzido de rotas consideradas de cada modal, quatro ferroviários e duas hidroviárias.

Como as rotas ferroviárias e hidroviárias possuem pontos de origem e destino definidos, as distâncias foram identificadas de modo direto.

Devido à impossibilidade de divulgar os custos reais dos fretes ferroviários e hidroviários, para cada uma das rotas, composta pelo modal rodoviário e ferroviário ou hidroviário, é estabelecida uma relação percentual com relação ao trecho rodoviário da mesma, onde os custos são conhecidos, como mostra a Tabela A-2.

Tabela A-2. Relação percentual entre frete rodoviário e ferroviário/hidroviário

Microrregião	Descrição da rota	Frete ferroviário	Frete hidroviário
MI 02--Alto Guaporé	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT).	-0.16%	-
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP).	-	-70.98%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG).	-44.74%	-
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR).	-71.26%	-
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO).	-	-62.74%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-54.90%	-
MI 03--Alto Araguaia	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	339.35%	-
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-41.07%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	11.76%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-47.05%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-77.40%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-30.36%	
MI 04--Alto Pantanal	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	-2.70%	
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-57.76%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-34.79%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-66.63%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-68.26%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-48.88%	
MI 05--Alto Paraguai	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	34.75%	
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-65.39%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-33.16%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-51.96%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-72.06%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-47.51%	
MI 06--Alto Teles Pires	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	22.60%	
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-67.06%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-36.05%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-67.51%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-73.40%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-38.55%	

Tabela A-3. Continuação

Microrregião	Descrição da rota	Frete ferroviário	Frete hidroviário
MI 07-Arinos	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	6.21%	
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-69.87%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-42.41%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-52.36%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-72.71%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-44.90%	
MI 08-Aripuanã	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	-1.54%	
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-71.24%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-44.95%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-71.37%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-65.53%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-46.46%	
MI 09-Canarana	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	54.39%	
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-59.24%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-13.89%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-58.13%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-78.15%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-8.38%	
MI 10-Colíder	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	-8.60%	
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-72.39%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-46.37%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-72.63%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-74.79%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-33.94%	
MI 11-Cuiabá	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	143.81%	
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-59.02%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-20.00%	
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-37.91%	
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-72.67%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-40.41%	

Tabela A-4. Continuação

Microrregião	Descrição da rota	Frete ferroviário	Frete hidroviário
MI 12-Jauru	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	25.26%	-
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-66.76%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-35.98%	-
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-43.70%	-
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-67.33%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-
MI 13-Médio Araguaia	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	216.93%	-
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-45.14%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	14.86%	-
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-55.33%	-
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-78.09%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-
MI 14-Norte Araguaia	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	6.54%	-
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-65.35%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-29.18%	-
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-62.83%	-
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-80.39%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-
MI 15-Paranatinga	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	129.89%	-
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-60.98%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-21.65%	-
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-45.11%	-
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-76.18%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-
MI 16-Parecis	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	9.23%	-
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-69.22%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-40.89%	-
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-69.61%	-
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-72.99%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-

Tabela A-5. Continuação

Microrregião		Descrição da rota	Frete ferroviário	Frete hidroviário
MI 17-Primavera do Leste	1.	Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	178.34%	-
	2.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-55.90%
	3.	Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-12.85%	-
	4.	Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-58.01%	-
	5.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-75.01%
	6.	Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-
MI 18-Rondonópolis	1.	Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	259.43%	-
	2.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-49.87%
	3.	Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-0.68%	-
	4.	Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-50.37%	-
	5.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-76.01%
	6.	Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-
MI19-Rosário Oeste	1.	Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	60.04%	-
	2.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-62.04%
	3.	Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-26.27%	-
	4.	Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-25.87%	-
	5.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-70.58%
	6.	Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-
MI 20-Sinop	1.	Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	7.22%	-
	2.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-69.56%
	3.	Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-40.64%	-
	4.	Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-54.78%	-
	5.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-74.80%
	6.	Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-
MI 21-Tangará da Serra	1.	Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	35.04%	-
	2.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-65.32%
	3.	Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	-32.99%	-
	4.	Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-65.84%	-
	5.	Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-67.09%
	6.	Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-

Tabela A-6. Continuação

Microrregião	Descrição da rota	Frete ferroviário	Frete hidroviário
MI 22-Tesouro	1. Rodo-ferroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em Alto Araguaia (MT)	225.81%	-
	2. Rodo-hidroviário para o Porto de Santos via terminal de transbordo em São Simão (GO) e Anhembi (SP)	-	-50.02%
	3. Rodo-ferroviário para o Porto de Vitória via terminal de transbordo em Araguari (MG)	0.28%	-
	4. Rodo-ferroviário para o Porto de Paranaguá via terminal de transbordo em Londrina (PR)	-54.42%	-
	5. Rodo-hidroviário para o Porto de Santarém via terminal de transbordo em Porto Velho (RO)	-	-76.77%
	6. Cenário futuro. Rodo-ferroviário para o Porto de São Luiz via terminal de transbordo em Porto Nacional (TO)	-14.97%	-

De modo mais específico, considere a MI 02 – Alto Guaporé e a rota número três. Esta rota é composta por dois trechos, o rodoviário da MI 02 para o terminal de transbordo de Araguari (MG), e, o ferroviário do terminal de transbordo de Araguari (MG) para o Porto de Vitória.

De acordo com os cálculos do frete rodoviário, o custo do trecho MI 02 – Araguari (MG) é de US\$ 84,30/tonelada e o frete ferroviário do trecho Araguari (MG) – Porto de Vitória, de acordo com a Tabela A-2, 44,74% mais barato do que o MI 02 – Araguari (MG). Portanto, o frete rodoviário é de US\$ 42,00/tonelada.

Já, quando é a porcentagem indicada é positiva, significa que o trecho ferroviário ou hidroviário é mais caro do que o trecho rodoviário.

ANEXO B – SIGLAS E NOMES DAS LOCALIDADES UTILIZADAS

Com o objetivo de facilitar a consulta das siglas, que representam as localidades mencionadas, é apresentada a Tabela B-1.

Tabela B-1. Siglas e nomes das localidades utilizadas.

Sigla	Local
MI 01	Alta Floresta
MI 02	Alto Guaporé
MI 03	Alto Araguaia
MI 04	Alto Pantanal
MI 05	Alto Paraguai
MI 06	Alto Teles Pires
MI 07	Arinos
MI 08	Aripuanã
MI 09	Canarana
MI 10	Colíder
MI 11	Cuiabá
MI 12	Jauru
MI 13	Médio Araguaia
MI 14	Norte Araguaia
MI 15	Paranatinga
MI 16	Parecis
MI 17	Primavera do Leste
MI 18	Rondonópolis
MI 19	Rosário Oeste
MI 20	Sinop
MI 21	Tangará da Serra
MI 22	Tesouro
TR 23	São Simão (GO)/Anhembi (SP)
TR 24	Araguari (MG)
TR 25	Maringá (PR)
TR 26	Porto Velho (RO)
TR 27	Porto Nacional (TO)
PO 28	Manaus (AM)
PO 29	Santarém (PA)
PO 30	São Luís (MA)
PO 31	Vitória (ES)
PO 32	Santos (SP)
PO 33	Porto de Paranaguá (PA)
PO 34	São Francisco do Sul (SC)
DE 35	Alemanha
DE 36	China
DE 37	Espanha
DE 38	Países Baixos
DE 39	Tailândia