

6

Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado para analisar a aplicabilidade do modelo a uma cadeia exportadora brasileira. A cadeia da soja em grãos, farelo e óleo de soja foram as escolhidas pelas justificativas apresentadas na Seção 2.

6.1

Dados de entrada do modelo

Foram considerados os seguintes dados de entrada no modelo de localização de terminais especializados:

a) Oferta de soja nos pontos de origem

Os dados de oferta foram selecionados e coletados levando em consideração algumas cidades que concentram grande volume de soja em grãos com destino à exportação (Tabela 9). Os volumes foram ofertados por estas cidades centróides e escoados até os portos pelo modal rodo-ferroviário. Neste terminal são realizadas as operações de transbordo, armazenagem segregada, processamento da soja em farelo e óleo de soja, além dos serviços de descarga e embarque, entre outros (Anexo II).

Tabela 9 – Dados de Oferta da Soja em grãos no Brasil (2004)

Origem (S_i)	Cidades	Produto	Q ^{te} ofertada t/mês
S_1	Açailândia - PA	Soja	70.000
S_2	Araguari - MG	Soja	80.000
S_3	Campo Grande - MS	Soja	200.000
S_4	Cuiabá - MT	Soja	250.000
S_5	Dourados - MT	Soja	300.000
S_6	Londrina - PR	Soja	300.000
Total		Soja	1.200.000

Fonte: Empresas de Transporte Ferroviário, CONAB, ABIOVE (2005)

b) Capacidade instalada total e por serviço no terminal especializado

Os dados de capacidade por serviços nos terminais especializados de soja em grãos nos portos e terminais privativos para o ano de 2004 são apresentados na Tabela 10. Estes dados figuram no modelo como capacidade instalada total do porto ou terminal privativo (W_j) e capacidade instalada por serviço de armazenagem, esmagamento de soja em farelo e produção de óleo de soja (w_{js}). Esta separação se faz necessária para se identificar qual a capacidade instalada por serviço (w_{js}) a ser realizado na plataforma ou terminal especializado (W_j). (Anexo II)

Tabela 10 – Capacidade instalada dos portos e terminais marítimos (t)

Portos e terminais privativos		Total (W_j)	Armazenagem (w_{j1})	Esmagamento (w_{j2})	Produção (w_{j3})
W_1	Itaqui – MA	250.000	100.000	100.000	50.000
W_2	Tubarão - ES	500.000	300.000	100.000	100.000
W_3	Santos - SP	360.000	200.000	100.000	60.000
W_4	Paranaguá - PR	780.000	400.000	280.000	100.000
W_5	S. F ^{co} do Sul - SC	210.000	100.000	50.000	60.000
W_6	Rio Grande – RG	240.000	100.000	90.000	50.000

Fonte: Dados fornecidos pelos portos e terminais privativos (2005)

c) Coeficiente de alteração de volume

O coeficiente de alteração de volume (B_{jp}) adotado neste estudo de caso foi igual a $B_{jp} = 1$, para o caso da exportação de soja em grãos, $B_{jp} = 0,8$ para caso do beneficiamento do farelo de soja ser realizado no terminal especializado, já que para cada 1 tonelada de soja em grãos, são produzidas 0,8 toneladas de farelo e 0,19 t de óleo. (Lazzarini; Nunes, 2000)

d) Custo de transporte *inbound* por insumo ($C_{ijm}^{inbound}$)

Os custos de transporte *inbound* por insumo ($C_{ijm}^{inbound}$) dos pontos de origem para cada possível terminal especializado foram estimados considerando dados fornecidos pelo Sistema de Informações de Fretes da ESALQ - SIFRECA (2004), tendo como base o valor de R\$ 0,0455 t/km. Alguns dados também foram cedidos pelas Concessionárias de Transportes Ferroviários, e quando verificado que não se tinha possibilidade de escoamento da soja pelo modal rodo-ferroviário de uma origem *inbound* para um porto ou terminal especializado, este custo *inbound* foi considerado infinito (99). (Anexo II)

e) Custo de transporte *outbound* por produto ($C_{jkq}^{outbound}$)

Os custos de transporte marítimo por produto ($C_{jkq}^{outbound}$) entre o porto/terminal especializado e o destino foram estimados considerando informações fornecidas pelas empresas de transporte transoceânico, conforme Tabela 11 (AnexoII).

Tabela 11 – Custo de transporte marítimo - 2004

Origem	Destino	Produto	Custo U\$/t	Origem	Destino	Produto	Custo U\$/t
Itaqui	Hamburgo	soja	35	Paranaguá	Hamburgo	soja	49
		farelo	35			farelo	49
		óleo	35			óleo	49
	Xangai	soja	40		Xangai	soja	56
		farelo	40			farelo	56
		óleo	40			óleo	56
	Roterdã	soja	35		Roterdã	soja	49
		farelo	35			farelo	49
		óleo	35			óleo	49
Tubarão	Hamburgo	soja	35	São Francisco do Sul	Hamburgo	soja	49
		farelo	35			farelo	49
		óleo	35			óleo	49
	Xangai	soja	40		Xangai	soja	56
		farelo	40			farelo	56
		óleo	40			óleo	56
	Roterdã	soja	35		Roterdã	soja	49
		farelo	35			farelo	49
		óleo	35			óleo	49
Santos	Hamburgo	soja	40	Rio Grande	Hamburgo	soja	49
		farelo	40			farelo	49
		óleo	40			óleo	49
	Xangai	soja	45		Xangai	soja	56
		farelo	45			farelo	56
		óleo	45			óleo	56
	Roterdã	soja	40		Roterdã	soja	49
		farelo	40			farelo	49
		óleo	40			óleo	49

Fonte: Empresas de transporte marítimo (2005)

f) Custo fixo de instalação do terminal especializado (f_j) e custo fixo por serviço (g_{js}^{serv})

Pela dificuldade de se conseguir dados de custos fixos de todos os portos públicos e terminais privativos no Brasil, assumiu-se como custo fixo do terminal especializado (f_j) o valor de US\$ 500.000/mês. Este valor foi utilizado para a cobertura dos atuais custos fixos inerentes à operação do porto/terminal de pequeno porte, mais uma parcela do investimento que custeará a ampliação de capacidade deste porto em plataforma logística ou terminal especializado. Sob a ótica econômico-financeira, este investimento

representa um desembolso de fluxo de caixa que retornará ao investidor num horizonte de tempo determinado.

O valor de um investimento em um terminal logístico especializado foi estimado em US\$ 30 milhões. Tomou-se por base o investimento que será realizado na construção de uma plataforma logística multimodal em Goiás (Plataforma Logística Multimodal de Goiás, 2005). Este valor contempla obras de infra-estrutura, desapropriação de área, estudo e licenças ambientais para uma área de armazéns, unidades industriais, administração, estacionamento e pátio de manobras. Não foram contemplados neste valor investimentos em construção de píer, nem berço de atracação de navios, pois o transbordo será realizado no porto escolhido (existente) na variável de decisão do modelo.

Os custos fixos dos serviços (g_{js}^{serv}) oferecidos pelo terminal logístico especializado em soja foram assumidos tomando-se como base valores coletados de unidades esmagadoras de soja nas diversas regiões do Brasil entre 2004/2005, conforme apresentado na Tabela 12:

Tabela 12 – Custo fixo por serviço (g_{js}^{serv}) - 2004

Origem	Serviço	Custo fixo US\$
Itaqui	Armazenagem	50.000
	Esmagamento	40.000
	Produção	80.000
Tubarão	Armazenagem	50.000
	Esmagamento	60.000
	Produção	80.000
Santos	Armazenagem	60.000
	Esmagamento	70.000
	Produção	80.000
Paranaguá	Armazenagem	50.000
	Esmagamento	60.000
	Produção	80.000
S. F ^{co.} do Sul	Armazenagem	60.000
	Esmagamento	70.000
	Produção	80.000
Rio Grande	Armazenagem	60.000
	Esmagamento	70.000
	Produção	80.000

g) Custo variável por serviço e insumo (α_{jsm}^{serv})

O custo variável de operação por serviço e por insumo foi determinado como sendo US\$18/t para o serviço de armazenagem, US\$ 20/t para o serviço de esmagamento e US\$ 20/t para a produção de óleo de soja. Estes dados foram assumidos tomando por base valores coletados de uma unidade esmagadora de soja na Região Sul do Brasil entre 2004/2005.

h) Preço da soja, farelo e óleo de soja no mercado externo

Os preços médios utilizados na análise deste caso foram US\$ 290/t para a soja, US\$ 250/t para o farelo de soja e US\$ 350/t para o óleo de soja, valores médios cotados pela *Chicago Board of Trade* – CBOT para o ano de 2004.

6.2

Resultados

O modelo foi criado em linguagem de programação matemática *AMPL 5.0* e resolvido através do solver *CPLEX 8.0* (versão acadêmica), apresentando solução inteira ótima para os dados apresentados. O tempo médio de processamento do modelo foi de 10 segundos (Anexo I e III).

Considerando os dados de entrada no modelo descritos na seção anterior e restringindo a $Z \leq 6$ terminais especializados, o modelo apresentou após 82 iterações, uma solução ótima para o sistema de US\$ 241,9 milhões, definindo uma decisão de abertura de 6 terminais especializados (Itaqui, Tubarão, Santos, Paranaguá, São Francisco do Sul e Rio Grande),

operando com o serviço de armazenagem, conforme demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados do modelo para $Z \leq 6$ terminais especializados

Terminais	Resultado da Função Objetivo				
	US\$ M	Portos ou terminais (Y_j)	Serviços oferecidos (Y_j^{serv})		
			Armazenagem	Esmagamento	Produção
$Z \leq 6$	241,9	ITQ,TUB,SAT,SFS,PAR, RG	ITQ,TUB,SAT,SFS,PAR, RG		
$Z \leq 5$	235,1	ITQ,TUB,SAT,SFS,PAR	ITQ,TUB,SAT,SFS,PAR	SAT	
$Z \leq 4$	227,9	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR	TUB, SAT	
$Z \leq 3$	216,5	TUB, SAT, PAR	TUB, SAT, PAR	TUB, SAT, PAR	
$Z \leq 2$	189,0	TUB, PAR	TUB, PAR	TUB, PAR	
$Z = 1$	115,2	PAR	PAR	PAR	PAR

Pelos dados apresentados para uma restrição de $Z \leq 6$ terminais, as maiores alocações de soja para armazenamento foram feitas para os terminais de Tubarão, Paranaguá e Santos, por apresentarem menores custos de transporte *inbound* e capacidade para recebimento deste volume de carga. O modelo não apresentou alocações de carga para esmagamento e produção de óleo de soja por apresentarem maior custo ao sistema. Foram enviados 1,2 Mt das origens aos 6 terminais para realização do serviço de armazenagem e transbordo, conforme Tabela 14.

Tabela 14 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	70.000	0	0	0	0	0
Araguari	30.000	0	0	50.000	0	0
C.Grande	0	0	0	200.000	100.000	0
Cuiabá	0	0	0	150.000	0	100.000
Dourados	0	200.000	0	0	0	0
Londrina	0	100.000	200.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 6$ terminais

A Tabela 15 apresenta os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos a partir das plataformas com destino aos portos no exterior, considerando $Z \leq 6$ terminais especializados. Do total originado de 1,2 milhões de toneladas de soja em grãos, 900.000 mil toneladas de soja em grãos foram alocadas para Roterdã e 300.000 mil toneladas foram alocadas para Hamburgo, respectivamente. Para este caso, não foram destinados volumes de farelo, nem óleo de soja para os destinos, além de não terem sido feitas alocações para o Porto de Xangai.

Tabela 15 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	100.000	0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	200.000	0	0
Paranaguá	400.000	0	0
S.Fco. Sul	0	100.000	0
Rio Grande	0	100.000	0

Obs: resultados para $Z \leq 6$ terminais

Para uma restrição de $Z \leq 5$ terminais, o modelo reduziu o valor da função objetivo para US\$ 235,1 milhões e restringiu a abertura para 5 terminais especializados, ofertando serviços de armazenagem em Itaqui, Tubarão, Santos, Paranaguá e São Francisco do Sul, e serviços de armazenagem e esmagamento no terminal especializado do Porto de Santos. Para esta situação, não houve alocações de carga para produção de óleo de soja.

Tabela 16 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	70.000	0	0	0	0	0
Araguari	30.000	0	0	50.000	0	0
C.Grande	0	0	100.000	100.000	100.000	0
Cuiabá	0	0	0	250.000	0	0
Dourados	0	200.000	0	0	0	0
Londrina	0	100.000	100.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 5$ terminais

A Tabela 16 apresentou os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos das origens para os terminais especializados. Para $Z \leq 5$ terminais, as maiores alocações de fluxo foram para o terminal de Paranaguá, Tubarão e Santos. Dos 1,1 Mt de Soja em grãos enviadas para armazenamento nos terminais especializados, 0,6 Mt foram enviados a Roterdã e 0,5 Mt para Hamburgo, conforme Tabela 17.

Tabela 17 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	100.000	0	0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	200.000	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	100.000	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 5$ terminais

Para o farelo de soja, o modelo alocou 100.000 toneladas de soja originada em Londrina com destino ao esmagamento em Santos. Deste volume,

80.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	0	0	0
Dourados	0	0	0	0	0	0
Londrina	0	0	100.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 5$ terminais

Tabela 19 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	0	0
Santos	0	80.000	0
Paranaguá	0	0	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 5$ terminais

O modelo foi rodado novamente restringindo a abertura de $Z \leq 4$ terminais. Obteve-se um resultado de US\$ 227,9 milhões para a função objetivo e restringiu-se a abertura de 4 terminais especializados, ofertando serviços de armazenagem em Itaqui, Tubarão, Santos, Paranaguá, e serviços de armazenagem e esmagamento no terminal especializado do Porto de Santos e Tubarão, conforme Tabela 20 e 21. Para esta situação, novamente não houve alocações de carga para produção de óleo de soja.

Tabela 20 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	70.000	0	0	0	0	0
Araguari	30.000	0	0	50.000	0	0
C.Grande	0	0	200.000	100.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	250.000	0	0
Dourados	0	200.000	0	0	0	0
Londrina	0	100.000	0	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 4$ terminais

A Tabela 20 apresentou os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos das origens para os terminais especializados. Para $Z \leq 4$ terminais, as maiores alocações de fluxo foram para o terminal de Paranaguá, Tubarão e Santos. Dos 1,0 Mt de Soja em grãos enviadas para armazenamento nos terminais especializados, 0,5 Mt foram enviados a Roterdã e 0,5 Mt para Hamburgo, conforme Tabela 21.

Tabela 21 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	100.000	0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	200.000	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 4$ terminais

Para o produto farelo de soja, o modelo alocou 200.000 toneladas de soja originada em Londrina e Dourados com destino ao esmagamento em

Santos e Tubarão. Deste volume, 160.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 22 e 23.

Tabela 22 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	0	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	0	100.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 4$ terminais

Tabela 23 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	80.000	0
Santos	0	80.000	0
Paranaguá	0	0	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 4$ terminais

Para uma restrição de $Z \leq 3$ terminais especializados, o modelo novamente reduziu o valor da função objetivo para US\$ 216,5 milhões e restringiu a abertura de 3 terminais especializados, ofertando serviços de armazenagem e esmagamento em Tubarão, Santos, Paranaguá. Para esta situação, não houve alocações de carga para produção de óleo de soja.

Tabela 24 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	70.000	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	130.000	170.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	230.000	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	130.000	70.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 3$ terminais

A Tabela 24 apresentou os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos das origens para os terminais especializados. Para $Z \leq 3$ terminais, as alocações de fluxo foram divididas entre Tubarão, Santos e Paranaguá. Dos 0,9 Mt de Soja em grãos enviadas para armazenamento nos terminais especializados, 0,5 Mt foram enviados a Roterdã e 0,4 Mt para Hamburgo, conforme Tabela 25.

Tabela 25 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0		0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	200.000	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 3$ terminais

Para o produto farelo de soja, o modelo alocou 300.000 toneladas de soja originada em Araguari, Londrina, Dourados e Cuiabá com destino ao

esmagamento em Tubarão, Santos e Paranaguá. Deste volume, 240.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 26 e 27.

Tabela 26 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	80.000	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	20.000	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	0	100.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 3$ terminais

Tabela 27 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	80.000	0
Santos	0	80.000	0
Paranaguá	0	80.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 3$ terminais

Quando o modelo foi rodado considerando uma restrição de $Z \leq 2$ terminais, obteve-se novamente uma redução da função objetivo para US\$ 189,0 milhões e restringiu a abertura para 2 terminais especializados, ofertando serviços de armazenagem e esmagamento em Tubarão e Paranaguá. Para esta situação, não houve alocações de carga para produção de óleo de soja.

Tabela 28 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	30.000	0	0
C.Grande	0	0	0	300.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	70.000	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	200.000	0	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 2$ terminais

A Tabela 28 apresentou os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos das origens para os terminais especializados. Para $Z \leq 2$ terminais especializados, as alocações de fluxo foram divididas entre Tubarão e Paranaguá. Dos 0,7 Mt de Soja em grãos enviadas para armazenamento nos terminais especializados, 0,3 Mt foram enviados a Roterdã e 0,4 Mt para Hamburgo, conforme Tabela 29.

Tabela 29 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0		0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 2$ terminais

Para o produto farelo de soja, o modelo alocou 380.000 toneladas de soja originadas em Araguari, Londrina, Dourados e Cuiabá com destino ao

esmagamento em Tubarão, Santos e Paranaguá, conforme Tabela 30. Deste volume, 304.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 31.

Tabela 30 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	180.000	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	0	0	100.000	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 2$ terminais

Tabela 31 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	80.000	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	224.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 2$ terminais

Por fim, para uma restrição de $Z \leq 1$ terminal, o modelo reduziu o valor da função objetivo para US\$ 115,2 milhões e restringiu a abertura para 1 terminal especializado, ofertando serviços de armazenagem, esmagamento e produção em Paranaguá.

Tabela 32 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	20.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	150.000	0	0
Dourados	0	0	0	0	0	0
Londrina	0	0	0	230.000	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 1$ terminal

A Tabela 32 apresentou os resultados de alocação de fluxo de 0,4 Mt de soja em grãos das origens Campo Grande, Cuiabá e Londrina com destino a Paranaguá. Do terminal, este mesmo volume foi destinado ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 33.

Tabela 33 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0		0
Tubarão	0	0	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 1$ terminal

Para o produto farelo de soja, o modelo alocou 280.000 toneladas de soja originada em Campo Grande, com destino ao esmagamento em Paranaguá, conforme Tabela 34. Deste volume, 224.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 35.

Tabela 34 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	280.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	0	0	0
Dourados	0	0	0	0	0	0
Londrina	0	0	0	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 1$ terminal

Tabela 35 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	0	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	224.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 1$ terminal

O modelo alocou 100.000 toneladas de soja originada em Cuiabá, com destino a produção de óleo de soja no terminal de Paranaguá, conforme tabela 36. Deste volume, 20.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 37.

Tabela 36 – Alocação de fluxo de soja em grãos para produção nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	100.000	0	0
Dourados	0	0	0	0	0	0
Londrina	0	0	0	0	0	0

Obs: resultados para Z = 1 terminal

Tabela 37 – Alocação de fluxo de óleo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	0	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	20.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para Z = 1 terminal

Observou-se que o modelo apresentou resultados diretamente proporcionais ao decréscimo do número de terminais e ofertou os três serviços somente em um terminal especializado (Paranaguá), em função das restrições de demanda, capacidade e equilíbrio impostos pelo modelo.

O mapa 3 apresenta as rotas ferroviárias que seriam utilizadas para o escoamento da safra dos pontos de origem até os terminais especializados, no caso de $Z \leq 6$ terminais especializados.



Mapa 3 – Rotas para escoamento da soja em grãos

Depois de apresentados os resultados do modelo sob restrições impostas, cabe apresentar na seção 6.3 as análises de sensibilidade que tendem a impactar os resultados do modelo.

6.3

Análise de sensibilidade

A partir do resultado de $Z \leq 6$ terminais especializados, fez-se uma análise de sensibilidade considerando aumento de capacidade instalada de 100% nos atuais portos/terminais. Esta análise está apresentada na Tabela 38.

Tabela 38 – Análise de Sensibilidade – Variação da capacidade total

Terminais	Resultado da Função Objetivo				
	US\$ M	Y_j	Y_j^{serv}		
			Armazenagem	Esmagamento	Produção
$Z \leq 6$	248,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
$Z \leq 5$	248,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
$Z \leq 4$	248,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
$Z \leq 3$	245,7	ITQ, PAR, TUB	ITQ, PAR, TUB		
$Z \leq 2$	241,6	TUB, PAR	TUB, PAR		
$Z = 1$	197,6	PAR	PAR	PAR	

Com aumento de 100% na capacidade instalada dos atuais portos e restringindo a abertura dos terminais de $Z \leq 6$ até $Z = 1$, observou-se que o modelo apresentou resultado de US\$ 248,4 milhões de $Z \leq 6$ até $Z \leq 4$. Nesses três casos, o modelo propôs a mesma solução, qual seja: abrir terminais especializados nos portos de Itaqui, Tubarão, Santos e Paranaguá, ofertando somente serviços de armazenagem. O resultado semelhante para as quatro primeiras restrições ocorreu em função da maior capacidade de escoamento dos terminais com grandes volumes de processamento, e a oferta de somente um serviço aconteceu devido à limitação da escolha de serviços de menor custo que maximizassem a lucratividade do sistema.

Para restrições de $Z \leq 3$ terminais, o modelo apresentou um resultado de US\$ 245,7 milhões e a decisão de abertura de terminais especializados em Itaqui, Paranaguá e Tubarão ofertando serviços de armazenagem. Quando

restringido a escolha de $Z \leq 2$ terminais, o modelo apresentou resultado de US\$ 241,6 milhões e a decisão de abertura de 2 terminais nos portos de Tubarão e Paranaguá, também ofertando o serviço de armazenagem. Por fim, quando restringido a abertura de somente um terminal especializado, o modelo apresentou um resultado de US\$ 197,6 milhões e a decisão de abertura do terminal especializado em Paranaguá, ofertando os serviços de armazenagem e esmagamento de soja em farelo. Esta solução, entretanto, representou um decréscimo na lucratividade do sistema, pois com a restrição de abertura de somente um terminal especializado, alguns custos de transporte *inbound* entre todas as origens com destino a um único terminal tornaram-se diferentes do caso atual, representando assim alteração dos custos de transporte *inbound* e decréscimo na lucratividade do sistema.

Há que se esclarecer, porém, que não foram considerados neste modelo limitações de fluxo ou restrições de capacidade de rotas que alimentam os terminais/plataformas. Essas limitações podem ser objeto de análise em futuras pesquisas.

Outra análise a ser considerada para a instalação de terminal especializado ou plataformas logísticas, está no fato de que, para qualquer ampliação ser realizada, devem ser observadas as limitações físicas, técnicas, econômicas e sócio-ambientais existentes para analisar se é possível ou não realizar tal ampliação. Somente após estes estudos, o investimento poderá ser realizado.

Considerando que qualquer ampliação de capacidade representará alteração nos custos fixos da instalação, fez-se novamente uma análise de sensibilidade a ampliação do aumento de 100% na capacidade total e nos custos fixos. Esta análise está apresentada na Tabela 39.

Tabela 39 – Análise de sensibilidade à variação da capacidade total e custo fixo

Terminais	Resultado da Função Objetivo				
	US\$ M	Y _j	Y _j ^{serv}		
			Armazenagem	Esmagamento	Produção
Z ≤ 6	246,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
Z ≤ 5	246,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
Z ≤ 4	246,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
Z ≤ 3	244,3	ITQ, PAR, TUB	ITQ, PAR, TUB		
Z ≤ 2	240,6	TUB, PAR	TUB, PAR		
Z = 1	197,1	PAR	PAR	PAR	

Observou-se que, variando em 100% a capacidade total e os custos fixos incorridos nessa ampliação, o resultado da função objetivo mostrou-se decrescente à medida que foi restringido o número de terminais que se queria abrir, e decidiu-se pela abertura de terminais especializados nos mesmos portos considerados na análise anterior (tabela 39), com os mesmo serviços oferecidos de armazenagem, esmagamento e produção de soja, farelo e óleo de soja.

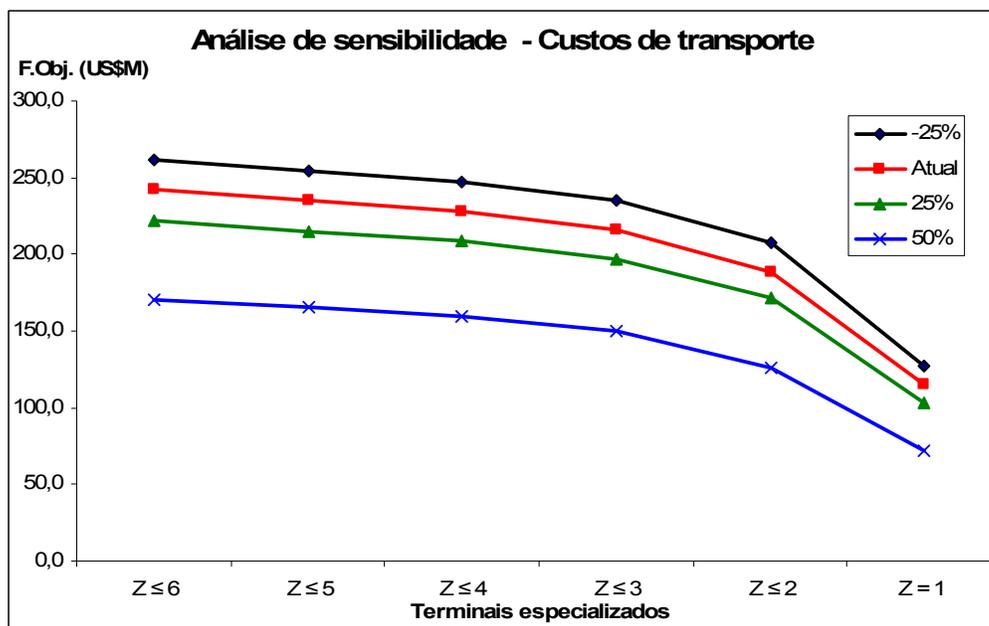


Gráfico 7 - Análise de sensibilidade aos custos de transporte

Foi também realizada uma análise de sensibilidade aos custos de transporte *inbound* e *outbound*, com resultados sendo apresentados conforme gráfico 7.

Realizando a análise de sensibilidade a partir dos dados atuais do estudo de caso, observou-se que, reduzindo em 25% os custos de transporte *inbound* e *outbound*, o modelo apresentou resultados melhores que o modelo atual (US\$ 261,8 milhões, comparado a US\$ 241,9 milhões na situação atual). Quando os custos de transporte *inbound* se elevaram em 25% e 50%, o modelo apresentou resultados decrescentes à medida da restrição ao número de terminais especializados requeridos. Quanto à abertura de terminais especializados, o modelo apresentou as mesmas decisões de abertura como analisados no caso atual (Tabela 13).

Fazendo uma análise de sensibilidade ao preço dos produtos no mercado externo (US\$ 290/t para a soja, US\$ 250/t para o farelo e US\$ 350/t para o óleo de soja), o modelo apresentou um resultado de US\$ 241,9 milhões para o sistema. Para aumentos de 10%, 20% e 30% nos preços, o modelo apresentou resultados de US\$ 276,7 milhões, US\$ 311,5 milhões e US\$ 415,9 milhões, respectivamente e para reduções de 10%, 20% e 50% nos preços, o modelo apresentou resultados decrescentes de US\$ 68,3 milhões, US\$ 172,3 milhões e US\$ 207,1 milhões comparados ao sistema atual.

Como os resultados do modelo são diretamente proporcionais aos preços ofertados pelas *commodities* (neste caso no mercado internacional), qualquer aumento deste preço gerará maior receita, que conseqüentemente, acarretará uma maximização dos lucros ao exportador e melhores resultados ao sistema. Em contrapartida, qualquer redução no preço internacional dessas *commodities* ocasionará redução no resultado da função objetivo, como demonstra o Gráfico 8. Isto representará diminuição na lucratividade do sistema exportador usuário do terminal especializado.

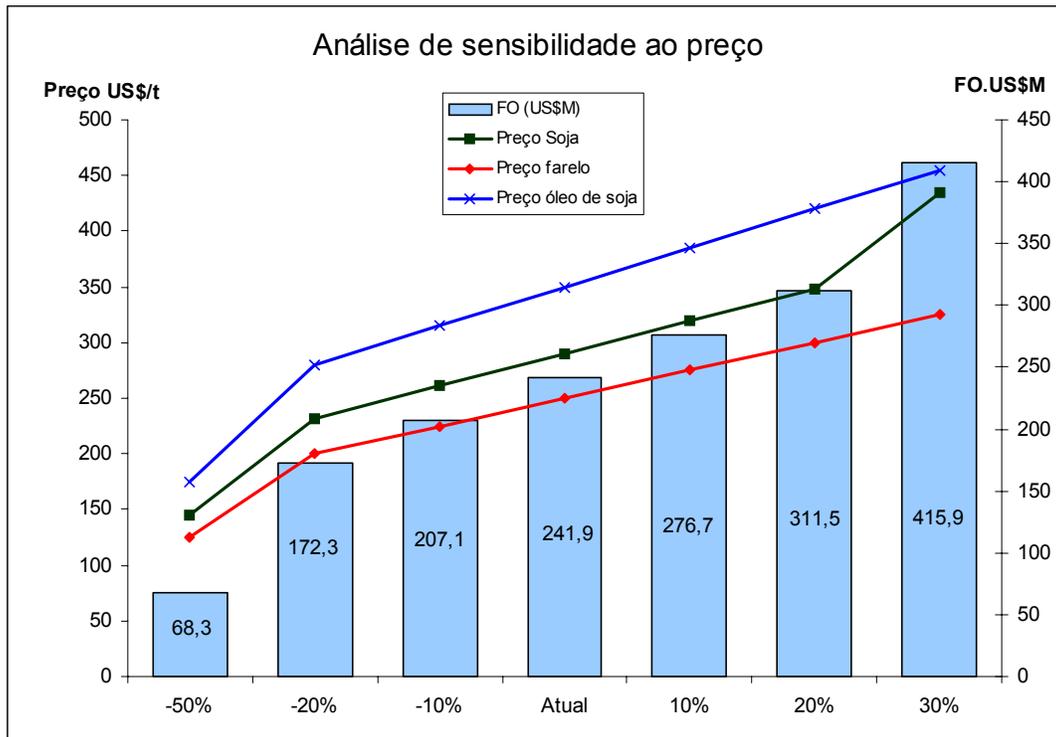


Gráfico 8 – Análise de Sensibilidade – Preço dos produtos

Considerando o aspecto do investimento, a análise de sensibilidade mostrou um resultado inversamente proporcional, pois para cada aumento de investimento em capital de 25% e 50%, menor foi o resultado obtido na função objetivo do sistema (em torno de US\$ 240,4 milhões). Em contrapartida, qualquer diminuição verificada no investimento, maior retorno foi gerado ao sistema (US\$ 243,4 milhões), conforme demonstra o gráfico 9.

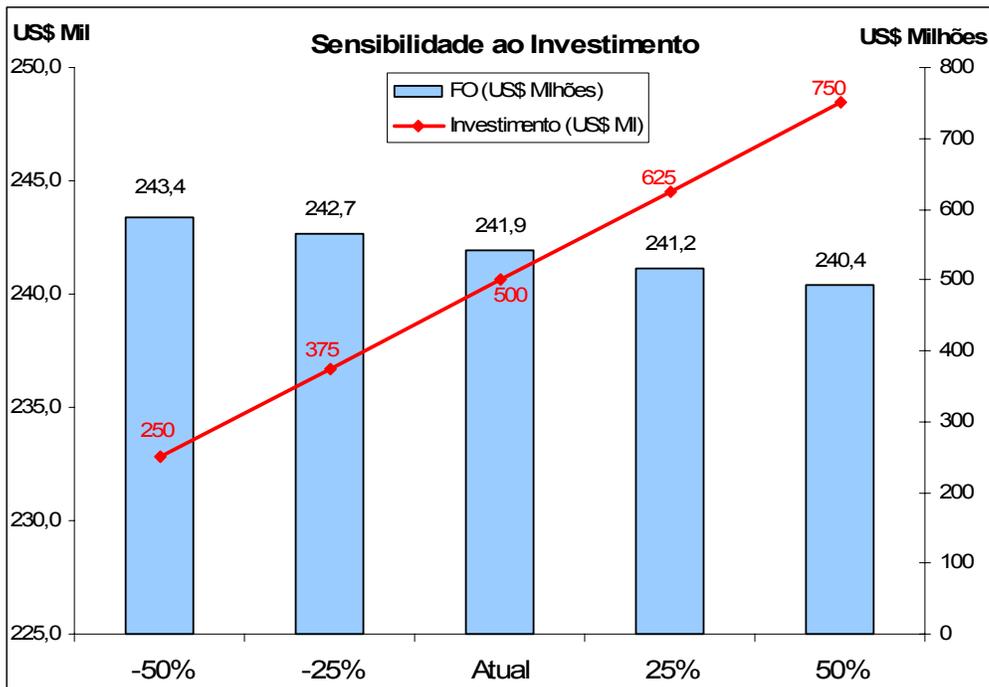


Gráfico 9 – Análise de Sensibilidade ao investimento

Depois de analisados os resultados do modelo de localização de terminais especializados, cabe avaliar quais as possíveis dificuldades para a implantação do(s) terminais(s) especializados(s), que serão objeto de análise na seção 6.4.

6.4

Possíveis entraves à localização de terminais especializados e plataformas logísticas

Depois de propostos e analisados os resultados de um modelo de localização de terminais especializados no Brasil, cabe identificar e avaliar

quais são os principais entraves e dificuldades que podem impedir ou retardar a instalação e a localização destes terminais/plataformas no país. Esses principais entraves e dificuldades seriam os seguintes:

- Necessidade de investimentos na manutenção das ferrovias (material rodante e via permanente) para aumentar a competição entre os modais de transporte e permitir a redução de custo no escoamento da produção até a plataforma;
- Necessidade de investimentos em pavimentação e recuperação de rodovias para facilitar o escoamento da safra em pontos onde não há oferta, nem competição por outro modal;
- Melhorar a infra-estrutura de transportes da região Norte do Brasil, a fim de que o volume de soja/farelo originados da região de Mato Grosso – MT, Tocantins, Rondônia, possa ter maiores opções de escoamento por meio das ferrovias Norte-Sul. Além disso, melhorar a infra-estrutura para operação hidroviária do rio Araguaia/Rio das Mortes e melhorar a infra-estrutura das BR 163 e BR 158, por onde o escoamento da soja poderia ser realizado;
- Promover mecanismos que possibilitem a integração vertical nos serviços de transporte rodo-ferroviário, no transbordo e na armazenagem de produtos no terminal especializado/plataforma logística, a fim de permitir melhor competitividade aos exportadores.
- Buscar soluções definitivas para a implementação da legislação de OTM, a fim de facilitar a operação de transporte multimodal no terminal/plataforma. As principais discussões se referem à regulamentação sobre o seguro da carga e definições sobre a incidência tributária (ICMS).
- Buscar mecanismos que promovam maior celeridade nos trâmites que envolvam licenciamento ambiental no Brasil. Em alguns portos/terminais, os trâmites de licenciamento ambiental podem impedir ou retardar a construção, ampliação e/ou instalação de novas

áreas no entorno de portos, podendo ocorrer também nos projetos de melhorias de acesso a ramais ferroviários e rodoviários na proximidade das plataformas;

- Buscar soluções para a diminuição da fila de caminhões que se forma nos portos de Santos e Paranaguá no período da safra. Estas filas limitam a possibilidade de crescimento e escoamento das cargas por estes portos/terminais;
- Existe uma limitação de capacidade nos Terminais de Tubarão - ES (Terminal de Produtos Diversos) e Itaquí - MA para aumento do atendimento da demanda de soja e farelo. Nestes terminais, a soja concorre com o minério de ferro, produto que a empresa operadora dos dois terminais detém seu *core business*. Qualquer alteração no volume de grãos exportado implica em maior número de vagões trafegando na ferrovia, concorrendo assim com a carga minério de ferro. Há também limitações de instalações e pátios nos terminais de Tubarão-ES e Itaquí – MA.
- A “guerra fiscal” gerada pelos Estados para atrair investimentos pode ser um entrave e causa de atrasos na definição de localização. Em contrapartida, a instalação de um terminal especializado/plataforma logística tende a atrair investimentos e crescimento para o entorno, podendo ser um beneficiador para a escolha do local a ser instalado o terminal especializado/plataforma. A manutenção de isenção de recolhimento de ICMS para exportação tende a ser outro incentivador ao aumento da exportação;
- Os corredores de exportação noroeste (rios Madeira e Amazonas), centro-norte (hidrovia dos rios Araguaia, Tocantins e Rio das Mortes, além das ferrovias Carajás e Norte Sul), Corredor Nordeste (que servem a região de Minas Gerais, Oeste da Bahia e interior de Pernambuco), corredor centro-leste (que servem as regiões de MG, ES e GO através das ferrovias EFVM e FCA) além da Hidrovia Tietê-Paraná, estão próximos de sua capacidade instalada em alguns

casos. Há a necessidade de altos investimentos para atender ao crescimento desta demanda, sejam elas através de investimentos privados ou parcerias públicas privadas.

Estes pontos foram detectados como os que podem propiciar maiores oportunidades para o investimento em localização de um terminal especializado/plataforma logística no Brasil, necessitando de melhor investigação tanto pelo poder público, quanto pela iniciativa privada, para que o sistema exportador possa ser melhorado. Somente com iniciativas que busquem minimizar estes pontos, é que será possível contribuir para se alcançar melhores margens de competitividade externa.