

Alessandra Fraga Dubke

**Modelo de localização de terminais  
especializados: um estudo de caso em  
corredores de exportação da soja**

**TESE DE DOUTORADO**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
INDUSTRIAL**

Programa de Pós-graduação em  
Engenharia de Produção

Rio de Janeiro  
Setembro de 2006



**Alessandra Fraga Dubke**

**Modelo de localização de terminais especializados: um estudo  
de caso em corredores de exportação da soja**

**Tese de Doutorado**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Nélio Domingues Pizzolato

**Rio de Janeiro  
Setembro de 2006**



**Alessandra Fraga Dubke**

**Modelo de localização de terminais especializados: um estudo  
de caso em corredores de exportação da soja**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção. Aprovada pela comissão examinadora abaixo assinada.

**Prof. Nélio Domingues Pizzolato**

Orientador  
Departamento de Engenharia Industrial

**Prof. Jose Eugenio Leal**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Leonardo Junqueira Lustosa**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Edson José Dalto**

IBMEC-RJ

**Prof<sup>a</sup> Denise Portella Rosa**

LVA Logística de valor agregado Ltda.

**Prof. Fabiano Mezadre Pompermayer**

Companhia Vale do Rio Doce - CVRD

**Prof. Jose Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 01 de setembro de 2006.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Alessandra Fraga Dubke**

Graduou-se em Direito (1992) e Ciências Econômicas (1993) na UVV e UFES. cursou Mestrado em Engenharia de Produção na PUC-Rio entre 1994 a 1996. No ano de 1998 fez o curso de Especialização em Comércio Exterior na UFES. Foi Professora substituta do Departamento de Engenharia de Produção da UFES de 1997 a 1998. Atuou como Professora Assistente e Coordenadora no Centro Universitário Vila Velha – ES de 2000 a 2005. Foi Pesquisadora visitante do Departamento de Geografia e do *Fisher College of Business* da Ohio State University – USA no período de março a setembro de 2006. Atualmente é professora titular da Coordenadoria de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (CEFET – ES) e analista de negócios da Companhia Vale do Rio Doce – CVRD.

#### Ficha Catalográfica

Dubke, Alessandra Fraga

Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja / Alessandra Fraga Dubke ; orientador: Nélio Domingues Pizzolato. – 2006.

177 f. : il. ; 30 cm

Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) –Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Logística. 3. Localização de instalações. 4. Terminais especializados. 5. Plataformas logísticas. 6. Exportação de soja em grãos. 7. Farelo e óleo de soja. I. Pizzolato, Nélio Domingues. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Para minha família, que tanto me incentivou e contribuiu  
para que este momento se tornasse realidade.

## Agradecimentos

Ao Professor Nélio Domingues Pizzolato, orientador que me acompanhou e incentivou durante todos esses anos.

Ao Professor Morton O'Kelly, orientador do Departamento de Geografia da *Ohio State University*, por sua grande contribuição a esta tese.

À professora Keely Croxton, orientadora do *Fisher College of Business* da *Ohio State University*, pela receptividade e contribuição a esta tese.

Ao Professor Walter Zinn, pela grande incentivo e oportunidade de estudar no Departamento de Logística da *Ohio State University*.

Aos Professores Maria Inês Faé, Jose Eugenio Leal, Denise Simões e Ângela Monjardim pelo incentivo ao início deste doutoramento e pelas inúmeras contribuições ao longo dele.

Aos professores do DEI e aos membros desta banca de doutorado.

A todos os funcionários do DEI, pelo carinho, paciência e amizade durante o curso.

A CAPES e a PUC-Rio, pelo apoio financeiro.

À Direção do CEFET-ES e em especial aos meus amigos de Coordenadoria de Transportes, pelo apoio, incentivo a que esse momento se tornasse realidade.

À Direção da UVV e em especial aos meus amigos das diversas coordenações em que trabalhei, pelo incentivo para que esse momento se tornasse realidade.

Ao Engenheiro Renato Saleme (CVRD) e Professor Glaydston Mattos (UFES), pelas importantes informações e contribuições a esta tese.

Ao Sr. Alexandre Demartini, pelas inúmeras contribuições, informações e incentivos a esta tese.

A CVRD, em especial aos colegas da Gerência de Planejamento Estratégico, pelo incentivo ao encerramento desta tese.

À Graciela, Larissa, Marcelo, Regner e Cristina Castello, que me acompanham e incentivam por tantos anos nesta jornada acadêmica, meu muito obrigado. Tenho certeza que já faço parte desta família também.

As Professoras Dilú Salviatto, Káthia e Nádia Fraiha, pelas contribuições nas traduções, correções, preparação para o *toefl* e normas acadêmicas.

Aos queridos amigos Fábio Romero, Graça Leite, Natália, Letícia Motta, Ana Paula Faria, Giovanna Burns, Paulo Storch, Isabel Girão, Maria Elysa Souza, Gesiane Pereira, Juliana Marques, Ângela Markoski e Adriana Lopes pelo carinho, amizade e as muitas injeções de ânimo, através de seus e-mails carinhosos e papos via *web*, sejam nos EUA ou por aqui mesmo. Vocês foram e são muito importantes para mim.

Aos meus colegas de doutorado, especialmente a Betty, Fabrício, Adriana, Cristina e tantos outros na qual tive contato na “favelinha”.

Aos Professores Patrícia Alcântara Cardoso e Hélio Zanqueto Filho, pelo incentivo, amizade e pelos inúmeros conselhos de quem já havia passado por este desafio.

As Professoras Ângela Becalli e Lúcia Casate, pelo carinho, amizade e pelas inúmeras contribuições “administrativas” para que o doutorado sanduíche se tornasse realidade.

Aos amigos que me apoiaram em Columbus - Ohio, em especial Teresa Hutchinson e Suzanna Klaf e todos os colegas da *The Geography house*, pelo carinho e compreensão ao meu inglês totalmente “brasileiro”.

Por fim, a toda minha família, pelos inúmeros gestos de carinho, apoio, afeto e compreensão as minhas difíceis escolhas.

## Resumo

Dubke, Alessandra Fraga; Pizzolato, Nélio Domingues. **Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja.** Rio de Janeiro: 2006. 177 p. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo de localização para terminais especializados no Brasil. Partiu-se de um conceito de localização de plataformas logísticas, como macro unidades de negócios que operam agregando algum valor ao produto, estando localizadas no entorno de portos públicos ou terminais privados no Brasil, para se chegar à localização de terminais especializados, que operam como micro unidades de negócios, especializadas na prestação de serviços para algumas cadeias logísticas. Foi utilizado como base teórica o modelo de transbordo (*transshipment model*), combinado com os modelos quantitativos de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos (*multi-commodity, multi-facility and capacitated location model*), a fim de se definir qual a melhor alternativa para uma escolha estratégica locacional. Tem-se como objetivo específico aplicar esse modelo a uma cadeia de suprimentos do agronegócio no Brasil que utilize um terminal especializado como área de transbordo, escoamento e agregação de valor de cargas com destino ao exterior. O universo do estudo abrangeu o volume exportado de soja em grãos, farelo de soja e óleo de soja pelo Brasil no ano de 2004, compreendendo dados pertinentes a seis (6) pontos de origem, seis (6) portos de escoamento/ beneficiamento/ transbordo e três (3) portos de destino no exterior.

Foram apresentados os resultados do modelo para  $Z \leq 6$  terminais até  $Z = 1$  terminal especializado e uma análise de sensibilidade à ampliação da capacidade, ao investimento, aos custos de transporte e preços. Foram descritos também alguns fatores qualitativos relevantes que podem ser causadores de entraves à localização de terminais especializados e plataformas logísticas no Brasil. Ao final, foram apresentadas algumas conclusões, limitações e recomendações para a continuidade do estudo.

### Palavras-chaves:

Terminais especializados, plataformas logísticas, modelos de localização, *transshipment*, exportação de soja em grãos, farelo e óleo de soja.

## Abstract

Dubke, Alessandra Fraga; Pizzolato, Nélio Domingues (Advisor). **Specialized terminals location model: A case study as applied to exportation corridors of soya.** Rio de Janeiro: 2006. 177 p. DSc.Thesis - Departamento de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The objective of this dissertation is to develop a facility location model as applied to specialized terminals in Brazilian seaports. The dissertation starts with the logistics platform concept, a macro business-oriented logistics units next to seaports that operate adding value service to products to reach specialized terminals, which are in turn a micro business-orientated logistics unit specialized in specific supply chains.

The model was based on some combination of transshipment model and multi-commodity, multi-facility and capacitated location model. Specifically, the objective is to apply the proposed model to a supply chain in the Brazilian agribusiness which uses seaport logistics platforms or specialized terminals as a transshipment area, allowing the application of added value services. The research universe includes the volume of exported soy beans, soy meal and oil from Brazil in 2004. The data include six points of origins in Brazil, six transshipment ports, and three world destination seaports.

Results extending from  $Z \leq 6$  to  $Z = 1$  specialized terminals are presented. Some results, allocation flow and sensibility analysis by price, investments, cost and capacity are also presented. Some relevant factors which might pose difficulties to the location of the platforms are also discussed. Finally, some conclusions, limitations and recommendations for further work are also presented.

### Key-words:

Specialized terminals, logistics platforms, facility location models, transshipment model, exportation of soya beans, soya meal and oil.

## Sumário

1	Introdução	17
1.1	Histórico da pesquisa	18
1.2	Plataformas Logísticas e terminais especializados	20
1.4	Objetivos e hipóteses	23
1.5	Contribuições da tese	24
1.6	Organização do trabalho	25
2.	O comércio internacional e a soja no Brasil	27
2.1	A competitividade das exportações brasileiras	27
2.2	Cadeia produtiva da soja no Brasil	31
2.3	Oferta e demanda mundial de soja	34
2.4	A cultura da soja no Brasil	41
2.5	Infra-estrutura logística para exportação brasileira	44
3	Plataformas Logísticas	49
3.1	Conceituação e contextualização	49
3.2	Valor agregado e as plataformas logísticas	54
3.3	Intermodalidade e plataformas logísticas	60
3.4	Alguns exemplos de plataformas logísticas	62
4.	Fundamentos para a localização de instalações	74
4.1	Planejamento estratégico, tático e operacional	74

4.2	Caracterização dos modelos de localização de instalações ( <i>Facility location</i> )	76
4.3	Problema de localização de plantas capacitadas ( <i>The capacitated plant location problem</i> )	82
4.4	Problema de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos ( <i>multi-commodity facility location problem</i> )	87
4.5	O problema do transbordo - <i>The transshipment problem</i>	92
5.	Metodologia	96
5.1	Caracterização da pesquisa	96
5.2	A formulação	98
5.3	Universo e amostra	104
5.4	Coleta de dados	105
5.5	Tratamento dos Dados	106
5.6	Limitações do estudo	107
6	Estudo de caso	108
6.1	Dados de entrada do modelo	108
6.2	Resultados	113
6.3	Análise de sensibilidade	128
6.4	Possíveis entraves à localização de plataformas logísticas	133
7.	Conclusões	137
7.1	Propostas para a continuidade deste estudo	139
8.	Referências	141

## Lista de Figuras

Figura 1 – Estrutura da tese	25
Figura 2 – Cadeia produtiva da soja	32
Figura 3 – Destino da produção brasileira de soja – safra 2005/2006	38
Figura 4 – Distripark de Roterdã	66
Figura 5 - Potencial de localização das CLI	70
Figura 6 – Plataforma Logística Multimodal de Goiás	72
Figura 7 - Rede representando o problema de transbordo ( <i>The transshipment problem</i> )	93
Figura 8 – Estrutura da Metodologia	96

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Pauta de exportações brasileiras	29
Tabela 2 – Capacidade instalada de processamento da soja no Brasil	34
Tabela 3 – Evolução da Produção e consumo mundial de soja	36
Tabela 4 – Concentração de Exportadores 2005	39
Tabela 5 – Ranking dos Maiores produtores de soja no Brasil	44
Tabela 6 – Exportação brasileira: meios de transporte utilizados	45
Tabela 7 – Tipologia dos terminais de transporte pelo valor agregado	56
Tabela 8 – Ampliação da tipologia dos terminais de transporte pelo valor agregado	58
Tabela 9 – Dados de Oferta da Soja no Brasil (2004)	109
Tabela 10 – Capacidade instalada dos portos e terminais marítimos (t)	109
Tabela 11 – Custo de transporte marítimo – 2004	111
Tabela 12 – Custo fixo por serviço ( $g_{js}^{serv}$ ) – 2004	112
Tabela 13 – Resultados do modelo para $Z \leq 6$ terminais especializados	114
Tabela 14 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	114
Tabela 15 – Alocação de Fluxo de Soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos (t)	115
Tabela 16 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	116
Tabela 17 – Alocação de Fluxo de Soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	116
Tabela 18 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	117

Tabela 19 – Alocação de Fluxo de Farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos (t)	117
Tabela 20 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	118
Tabela 21 – Alocação de Fluxo de Soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	118
Tabela 22 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	119
Tabela 23 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	119
Tabela 24 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	120
Tabela 25 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	120
Tabela 26 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	121
Tabela 27 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	121
Tabela 28 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	122
Tabela 29 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	122
Tabela 30 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	123
Tabela 31 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	123

Tabela 32 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	124
Tabela 33 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	124
Tabela 34 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	125
Tabela 35 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	125
Tabela 36 – Alocação de fluxo de soja em grãos para produção nos terminais especializados (t)	126
Tabela 37 – Alocação de fluxo de óleo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	126
Tabela 38 – Análise de sensibilidade – variação da capacidade total	128
Tabela 39 – Análise de sensibilidade à variação da capacidade total e custo fixo	130

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Balança Comercial Brasileira (1950 a 2005)	28
Gráfico 2 – Produção mundial de soja por continente	35
Gráfico 3 – Evolução das Exportações de soja e derivados	37
Gráfico 4 – Evolução das Exportações de soja e derivados para os principais destinos	38
Gráfico 5 – Brasil: Evolução do preço das exportações de soja e derivados	40
Gráfico 6 - Evolução do deslocamento da área plantada no Brasil	43
Gráfico 7 – Análise de Sensibilidade ao custo de transporte	130
Gráfico 8 – Análise de Sensibilidade ao preço dos produtos	132
Gráfico 9 - Análise de Sensibilidade ao investimento	133

## Lista de Mapas

Mapa 1 - Principais microrregiões na produção de soja em 2002	42
Mapa 2 – Pontos de origem e portos/terminais de transbordo	105
Mapa 3 - Rotas de escoamento da soja em grãos	127