



**Silvia Araújo dos Reis**

**Demanda por Transporte Ferroviário:  
o caso do transporte de açúcar na malha  
ferroviária da Região Centro-Sul**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. José Eugênio Leal

Rio de Janeiro  
Setembro de 2007

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

## **Silvia Araújo do Reis**

Graduada em Engenharia de Alimentos – UFV. Mestrado Acadêmico: Engenharia de Produção /Ênfase Logística – PUC-Rio, tem interesse em Engenharia de Produção- Logística

### Ficha Catalográfica

Reis, Silvia Araújo dos

Demanda por transporte ferroviário: o caso do transporte de açúcar na malha ferroviária da região centro-sul / Silvia Araújo dos Reis ; orientador: José Eugênio Leal. – 2007.

128 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Demanda. 3. Ferrovia. 4. Transporte. 5. Açúcar. 6. Centro-sul I. Leal, José Eugênio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD 658.5



**Silvia Araújo dos Reis**

**Demanda por Transporte Ferroviário:  
o caso do transporte de açúcar na malha  
ferroviária da Região Centro-Sul**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. José Eugenio Leal**  
Orientador  
DEI/PUC-Rio

**Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo**  
DEI/PUC-Rio

**Prof. Márcio de Almeida D'Agosto**  
UFRJ/PET/COPPE

**Prof. José Eugenio Leal**  
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 25 de setembro de 2007

## Agradecimentos

Agradeço a DEUS pela oportunidade, aprendizado, conquista e por colocar pessoas tão boas em meus caminhos. A todos estes, agradeço pelo imenso amor, paciência, força, compreensão, ajuda e todos os adjetivos bons que um enorme coração pode oferecer. Em especial, à minha mãe e meu pai pelo amor incondicional e paciência incondicional também. A minha irmã pelo carinho e amor dedicado com tanta ingenuidade. Ao Leonardo pelo amor, zelo, e conselhos, que não foram poucos. As minhas amigas e amigos por serem todos meus amigos e por me agüentarem durante um ano e meio repetindo a mesma frase: “não posso, tenho que fazer minha dissertação”. Ao Marcelo pelo carinho, compreensão, cultura e mais e mais compreensão. Ao meu orientador José Eugênio pela orientação, ensino, paciência, compreensão e confiança em mim depositada. Aos Professores Luis Felipe e Márcio Dagosto pela dedicação e orientação e a todos os professores da PUC e da UFV que sempre tiveram o maior prazer e calma em ensinar e ajudar no que fosse preciso.

## Resumo

Reis, Silvia Araújo dos; Leal, José Eugênio (Orientador). **Demanda por Transporte Ferroviário: O Caso do Transporte de Açúcar na Malha Ferroviária da Região Centro-Sul.** Rio de Janeiro, 2007. 128p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O elevado custo de transporte no Brasil dentro da cadeia logística é notório. Para os produtos agrícolas, principalmente para as *commodities*, essa relação é ainda mais sensível dado o fato destes produtos não possuírem grande valor agregado. O açúcar, em especial, por ser considerado como uma tendência agrícola do País, destaca-se como um ponto crítico no setor. Neste, e em outros casos, o transporte ferroviário aparece como solução para o escoamento da produção a preços competitivos. Assim, visando contribuir com o desenvolvimento da economia do País, o principal objetivo deste estudo é identificar a demanda potencial para o transporte ferroviário de açúcar. Mais especificamente, essa dissertação contribui com análise da malha ferroviária Centro-Sul, que se configura atualmente como principal meio de escoamento da produção nesta região. Primeiramente é estimada a produção futura de açúcar. Em seguida é feito um levantamento dos gargalos analisando a capacidade brasileira de escoamento, já verificando a hipótese de impossibilidade de escoamento da crescente produção futura. As alternativas de escoamento desta produção são detalhadas e os diversos custos calculados, de modo que se possa identificar o volume de carga potencial a ser transportada via ferrovia na região Centro-Sul. A fatia destinada ao modo rodoviário e a quantidade detalhada por portos são também encontradas. Com todas variáveis calculadas, ricas conclusões puderam ser estabelecidas, concluindo o objetivo deste trabalho.

## Palavras-chave

Demanda, ferrovia, transporte, açúcar, Centro-Sul.

## Abstract

Reis, Silvia Araújo dos; Leal, José Eugênio (Advisor). **Demand for Railroad Transportation: transport of sugar by rail in the Center-South Region.** Rio de Janeiro, 2007. 128p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The high cost of transportation in Brazil, according to logistics is notorious. Mainly to farming products related to commodities, this relationship is still problematic because they don't have any extra value. Sugar, can be considered as the most important farming trend. So, rail transportation seems to be the solution in terms of competitive prices to many kinds of products, including sugar. The main objective of this study is to identify the importance of rail transportation for sugar. But, it specifically contributes to analyze the Middle-South transportation system to flow this production at that region. At first, it's estimated the future sugar production. Then, it's done the survey of the narrow places, analyzing the Brazilian capacity for that. As it has been growing, they work with a hypothetical future impossibility. The alternatives are detailed and the several costs calculated to identify the potential freight and load amount aimed to Middle-South and so the number of harbors.

## Keywords

Demand, railroad, transport, sugar, Center-South.

## Sumário

1. Introdução	12
1.1. Apresentação	12
1.2. O Problema fob forma de Pergunta	13
1.3. Objetivos	14
1.4. Relevância	15
1.5. Delimitação	16
1.6. Organização do Trabalho	16
2. O sistema de transporte de cargas no Brasil	18
2.1. Breve histórico	18
2.1.1. Invenção da ferrovia	18
2.1.2. Implantação das ferrovias no Brasil	18
2.1.3. Administração das ferrovias brasileiras	19
2.2. Características do modo ferroviário no Brasil	20
2.3. Infraestrutura atual do setor ferroviário no Brasil	25
2.3.1. ALL - América Latina Logística	26
2.3.2. Brasil ferrovias – ALL (Pertencente à América Latina Logística)	27
2.3.2.1. FERROBAN - Ferrovia Bandeirantes	27
2.3.2.2. FERRONORTE – Ferrovia Norte Brasil	27
2.3.2.3. Ferrovia Novoeste S.A	28
2.3.3. CFN - Companhia Ferroviária do Nordeste	28
2.3.4. Companhia Vale do Rio Doce	29
2.3.4.1. Estrada de Ferro Carajás	30
2.3.4.2. Estrada de Ferro Vitória a Minas	30
2.3.4.3. FCA- Ferrovia Centro-Atlântica	30
2.3.5. MRS Logística	31
2.4. Modos concorrentes	31
2.4.1. Modo rodoviário	33
2.4.2. Modo aquaviário	34
2.4.3. Modo dutoviário	36
2.4.4. Modo aéreo	36
2.4.5. Características qualitativas do serviço de transporte	37
3. Produção, Armazenagem e transporte de açúcar no Brasil	38
3.1. Aspectos gerais	38
3.1.1. Introdução das lavouras	38
3.1.2. Relevância do açúcar para o Brasil	39
3.2. Produção	41
3.2.1. Ciclo de produção	41
3.2.2. Beneficiamento da produção	42
3.2.3. Principais áreas produtoras	42
3.3. Custos de Produção	44
3.4. Características do escoamento	46
3.4.1. Segmentação da produção	46
3.4.2. Exportações	47

3.4.2.1. Destino	47
3.4.2.2. Transporte	48
3.4.3. Escoamento da produção	49
3.4.3.1. Modos de Transporte	49
3.4.3.2. Principais vias de escoamento	50
3.4.4. Armazenagem	53
3.5. Formação de preço	54
3.6. Subsídios	56
3.7. Futuras áreas produtoras	57
4. Revisão Teórica	58
4.1. Apresentação	58
4.2. Métodos alternativos	58
4.2.1. Métodos qualitativos	59
4.2.3. Métodos quantitativos	60
4.2.3.1. Análise de séries temporais	60
4.2.3.2. Causal	61
4.3. Modelos de Alocação de Fluxos	61
4.3.1. Modelos de caminhos mínimo	63
4.3.2. Algoritmo Bertsekas	64
4.4. Métodos de Previsão de Demanda de Carga Aplicados ao Transporte Ferroviário	64
5. Metodologia do Trabalho	67
5.1. Método de Pesquisa	67
5.2. Limitações do Método	68
5.3. Etapas do Trabalho	69
6. Análise da Demanda e Capacidade de Escoamento de Açúcar no Brasil	72
6.1. Metodologia Utilizada	72
6.2. Previsão de Demanda	72
6.2.1. Demanda Mundial	72
6.2.2. Produção Mundial	73
6.2.3. Produção Brasileira	74
6.2.3.1. Escolha do Método	74
6.2.3.2. Procedimento Adotado e Resultados Encontrados	76
6.2.4. Demanda Interna	77
6.2.5. Exportação	78
6.3. Gargalos no Escoamento do Açúcar	79
6.3.1. Saída das Usinas	79
6.3.2. Transporte	80
6.3.3. Capacidade de Recebimento	81
6.3.4. Capacidade Estática dos Armazéns	81
6.3.5. Capacidade de Embarque	82
6.4. Análise da Projeção da Produção versus Capacidade de Escoamento	83



7. Estudo de Caso: Malha Ferroviária Centro-Sul	84
7.1. Apresentação	84
7.2. Demanda Potencial	84
7.2.1. Escolha do Método	85
7.2.2. Delimitação da Área Analisada	86
7.2.3. Definição dos Pontos Centrais	86
7.2.4. Definição das Vias Contempladas	87
7.2.5. Previsão da Produção Destinada à Exportação	88
7.2.5.1. Produção nos Pontos Centrais	88
7.2.5.2. Percentual Destinado ao Consumo Interno	89
7.2.5.3. Volume Destinado à Exportação	89
7.2.6. Custos Logísticos	90
7.2.6.1. Tarifas Terrestres	90
7.2.6.1.1. Definição das Vias	90
7.2.6.1.2. Avaliação das Distâncias - Origem-Destino	90
7.2.6.1.3. Função Tarifas Ferroviárias	92
7.2.6.1.4. Função Tarifas Rodoviárias	93
7.2.6.1.5. Matriz Tarifas Origem-Destino	94
7.2.6.2. Custos de Transbordo	95
7.2.6.3. Tarifas Portuárias	96
7.2.7. Capacidade Logística	97
7.2.8. Alocação dos Fluxos	98
7.3. Análise dos Resultados	99
7.3.1. Matrizes Resultantes da Previsão de Demanda com Restrição de Capacidade	99
7.3.2. Matrizes Resultantes da Previsão de Demanda sem Restrição de Capacidade	103
8. Considerações Finais	107
8.1. Conclusões	107
8.2. Sugestões para Novas Pesquisas	108
9. Referências bibliográficas	110
10. Apêndice	115

## Lista de figuras

Figura 1 – Principais produtos transportados pelas ferrovias. Fonte: ANTF (2006)	23
Figura 2 – Principais concessionárias do setor ferroviário	26
Figura 3 – Volume de açúcar exportado pelo Brasil. Fonte: Ministério da Agricultura (2006)	40
Figura 4 – Produção de cana-de-açúcar. Fonte: IBGE, Conab EMBRAPA	43
Figura 5 – Proximidade das plantações e das usinas produtora de açúcar	46
Figura 6 – Sazonalidade na exportação de açúcar. Fonte: Ministério da agricultura (2006)	49
Figura 7 – Distribuição da capacidade de armazenagem de grãos por localização	54
Figura 8 – Média de preços praticados pelo Brasil	55
Figura 9 – Preços mensais	55
Figura 10 – Comparação das técnicas de previsão de demanda Fonte: Davis (2001)	61
Figura 11 – Consumo Mundial em 2013Fonte: Carvalho (2006) <i>apud</i> F.O licht Int. sugar and swetener report, vol 132 dez 2003	73
Figura 12 – Consumo per-capta no mundo. Fonte: Carvalho (2006) <i>apud</i> F.O licht Int. sugar and swetener report, vol 132 dez 2003	73
Figura 13 – Resultados alcançados com o método estatístico	76
Figura 14 – Etapas para previsão de demanda de açúcar nas linhas ferroviárias da região Centro-Sul	85
Figura 15 – Localização dos Pontos Centrais.	87
Figura 16 – Fretes ferroviários estabelecidos em 2006. (R\$/TKU) x Km	93
Figura 17 – Fretes rodoviários estabelecidos em 2006 para o transporte de açúcar. (R\$/TKU) x Km	94
Figura 18 – Mapa da Malha Oeste	116
Figura 19 – Ferrovia Bandeirantes S.A.	117
Figura 20 – Ferrovia Ferronorte S.A. - Ferrovias Norte Brasil	118
Figura 21 – Malha Ferronorte, Novoeste, Ferroban, agora sob propriedade da América Latina Logística	118
Figura 22 – Ferrovia Centro-Atlântica S.A.	119
Figura 23 – Ferrovia MRS Logística	120
Figura 24 – Estrada de Ferro Vitória a Minas	121
Figura 25 – Ferrovia América Latina Logística S.A.	122

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Matriz de transporte de cargas no Brasil em 2004	22
Tabela 2 – Transporte de cargas- Brasil – EUA	23
Tabela 3 – Evolução da Produção de Açúcar	44
Tabela 4 – Custos de produção de açúcar em 2003 (US\$/tu)	45
Tabela 5 – Representatividade dos Países-destinos do açúcar brasileiro (tu/País)	47
Tabela 6 – Exportações brasileiras de açúcar por porto em 2005	48
Tabela 7 – Portos de destino do açúcar exportação	53
Tabela 8 – Produção <i>versus</i> Consumo mundial de açúcar em milhões de toneladas	74
Tabela 9 – Projeção da produção de açúcar	77
Tabela 10 – Consumo brasileiro de açúcar em (milhões de toneladas)	78
Tabela 11 – Exportação brasileira de açúcar (milhões de toneladas)	79
Tabela 12 – Produção destinada á exportação por Estado	79
Tabela 13 – Participação dos portos nas exportações de açúcar	88
Tabela 14 – Produção de açúcar por ponto central	89
Tabela 15 – Pontos de escoamento e projeção do volume a ser escoado	90
Tabela 16 – Alternativas via ferrovia	91
Tabela 17 – Continuação da Tabela 16 - Alternativas via ferrovia	92
Tabela 18 – Matriz das tarifas (R\$/TU) relacionadas as Origens-Destinos	96
Tabela 19 – Tarifas portuárias (R\$/TU)	97
Tabela 20 – Gargalo logístico na cadeia de açúcar – Capacidade portuária de escoamento do açúcar	98
Tabela 21 – Matriz de demanda para safra 2007/08 (mil toneladas)	100
Tabela 22 – Matriz de demanda para safra 2008/09 (mil toneladas)	100
Tabela 23 – Matriz de demanda para safra 2009/10 (mil toneladas)	100
Tabela 24 – Matriz de demanda para safra 2010/11 (mil toneladas)	100
Tabela 25 – Matriz de demanda para safra 2011/12 (mil toneladas)	101
Tabela 26 – Matriz de demanda para safra 2012/13 (mil toneladas)	101
Tabela 27 – Matriz de demanda para safra 2013/14 (mil toneladas)	101
Tabela 28 – Resultado Safra 2006/07	102
Tabela 29 – Projeção Safra 2006/07	102
Tabela 30 – Ferrovias contempladas na alocação de fluxos	103
Tabela 31 – Ferrovias contempladas na alocação de fluxos - Continuação	103
Tabela 32 – Matriz de demanda para safra 2007/08 (mil toneladas)	103
Tabela 33 – Matriz de demanda para safra 2008/09 (mil toneladas)	104
Tabela 34 – Matriz de demanda para safra 2009/10 (mil toneladas)	104
Tabela 35 – Matriz de demanda para safra 2010/11 (mil toneladas)	104
Tabela 36 – Matriz de demanda para safra 2011/12 (mil toneladas)	104
Tabela 37 – Matriz de demanda para safra 2012/13 (mil toneladas)	105
Tabela 38 – Matriz de demanda para safra 2013/14 (mil toneladas)	105
Tabela 39 – Ferrovias com fluxos alocados pelo modelo	106
Tabela 40 – Ferrovias com fluxos alocados pelo modelo	106
Tabela 41 – Etapas do Cálculo das Tarifas Rodoviárias	123
Tabela 42 – Etapas do Cálculo das Tarifas Rodoviárias - Continuação	124
Tabela 43 – Etapas do Cálculo das Tarifas Rodoviárias - Continuação	124
Tabela 44 – Tarifas por Origem-Destino	125
Tabela 45 – Tarifas por Origem-Destino - Continuação	126