

Faculdade de Tecnologia de Americana

**A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA FERROVIÁRIA
APLICADA AO TRANSPORTE DE AÇÚCAR NA
REGIÃO DE PIRACICABA - SP**

LEANDRO ORTOLANI CYPRIANO

**Americana, SP
2010**

Faculdade de Tecnologia de Americana

A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA FERROVIÁRIA APLICADA AO TRANSPORTE DE AÇÚCAR NA REGIÃO DE PIRACICABA - SP

LEANDRO ORTOLANI CYPRIANO

leandroortolani@yahoo.com.br

Trabalho Monográfico, desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Logística e Transportes da Fatec-Americana, sob orientação do Prof. Me. Marcos de Carvalho Dias

Área: Logística e Desenvolvimento Econômico.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Marcos de Carvalho Dias (Orientador)

Prof. Me. José Eduardo Rossilho de Figueiredo

Prof. Esp. Maricê Léo Sartori Balducci

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus por todas suas bênçãos, especialmente pela vitória concedida neste momento de grande importância em minha vida.

Aos meus pais Sérgio e Vilma que me ensinaram o “Caminho” que devo seguir.

A Débora, minha amada companheira de lutas, pelo amor, consolo e carinho.

Ao meu professor e orientador Marcos Dias, que desde o início me incentivou e apoiou meu desenvolvimento acadêmico.

As minhas companheiras de faculdade Ariana, Crislaine, Gislaine e Raquel, pela amizade e pelos bons resultados alcançados. Ao Marcos Adriano (Marcão Bitola) pelos seus conhecimentos ferroviários transmitidos. Ao Rafael pelos seus aconselhamentos, principalmente nos momentos de angústia. Também a todos os demais colegas pelos bons momentos que passamos juntos.

A coordenadora do curso de Logística e Transportes Daniela Marchini, aos professores José Eduardo Figueiredo, Maricê Balducci e aos demais pela atenção, paciência e por seus valiosos ensinamentos.

A Setransv - Secretaria de Transporte e Sistema Viário da Prefeitura Municipal de Americana (eng^a Salete Costa), pela oportunidade de estágio e a todos pelas experiências adquiridas.

DEDICATÓRIA

A Deus, meu Senhor;
Aos meus queridos pais;
A Dé, minha linda flor.

“Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca vem a inteligência e o entendimento. Ele reserva a verdadeira sabedoria para os retos; é escudo para os que caminham na sinceridade”.

(Provérbios, 2:6-7)

RESUMO

Considerando a necessidade de redução de custos de transporte por meio da otimização das operações, este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade da forma de transporte do açúcar produzido na região de Piracicaba com destino ao porto de Santos, a partir da análise comparativa entre o atual método de transporte exclusivamente rodoviário em relação ao modo rodo-ferroviário, através de um modelo matemático aplicado à Logística, considerando a implantação de um terminal intermodal de carga na cidade de Piracicaba, mediante a reativação da malha ferroviária da região, a fim de buscar alternativas econômicas de rotas e operações de transporte. Com os resultados obtidos, constatou-se a inviabilidade de redução nos custos de transporte no trajeto analisado por meio da utilização da modalidade rodo-ferroviária, pois se esperava a possibilidade de trazer maior lucratividade às empresas usuárias desta alternativa, bem como a possibilidade de ganhos indiretos, como redução de tráfego rodoviário e da emissão de poluentes. Portanto mostrou ser mais viável a utilização de rotas rodoviárias para transportar diretamente o açúcar desta região ao porto de Santos.

Palavras Chave: logística, ferrovia, transporte de açúcar.

ABSTRACT

Considering the need to reduce transport costs through optimization of operations, this study aims to examine the feasibility of the transport form of sugar produced in the region of Piracicaba for the port of Santos, from the comparative analysis between the current method of transportation by road only in relation to road-rail mode, using a mathematical model applied to logistics, considering the deployment of an intermodal freight terminal in the city of Piracicaba, through the reactivation of the railway in the region in order to seek alternatives cost-effective routes and transport operations. With these results, it was found not feasible for the reduction in transport costs on the path analyzed through the use of road-rail mode, as one would expect the possibility of bringing greater profitability for companies using this alternative, as well as the possibility of gains indirect, such as reducing road traffic and emissions. So was more feasible to use direct road routes to transport sugar from this region to the port of Santos.

Keywords: logistics, railway, sugar transport.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E DE TABELAS.....	11
INTRODUÇÃO	15
1 DADOS HISTÓRICOS E ECONÔMICOS DA REGIÃO	18
1.1 PIRACICABA	18
1.1.1 LOCALIZAÇÃO	18
1.1.2 HISTÓRICO	19
1.1.3 ECONOMIA	20
1.2 SANTA BÁRBARA D'OESTE	22
1.2.1 LOCALIZAÇÃO	22
1.2.2 HISTÓRICO	23
1.2.3 ECONOMIA	24
1.3 AMERICANA	26
1.3.1 LOCALIZAÇÃO	26
1.3.2 HISTÓRICO	27
1.3.3 ECONOMIA	28
1.4 NOVA ODESSA.....	30
1.4.1 LOCALIZAÇÃO	30
1.4.2 HISTÓRICO	31
1.4.3 ECONOMIA	32
1.5 RAMAL DE PIRACICABA.....	34
1.5.1 INÍCIO	34
1.5.2 DECADÊNCIA	37
2 PANORAMA DO SETOR DE TRANSPORTE NO BRASIL.....	38
2.1 MATRIZ DE TRANSPORTE	38
2.2 RELAÇÃO CUSTO NOS MODAIS DE TRANSPORTE.....	43
2.3 CARACTERÍSTICAS E ASPECTOS AMBIENTAIS	45
3 MODELAGEM MATEMÁTICA NO TRANSPORTE DE AÇÚCAR.....	47
3.1 CARACTERÍSTICAS DO MERCADO DE AÇÚCAR	47

3.1.1	AGRONEGÓCIO.....	47
3.1.2	ATUAÇÃO MUNDIAL.....	48
3.1.3	MERCADO BRASILEIRO.....	48
3.1.4	PARTICIPAÇÃO NAS EXPORTAÇÕES.....	50
3.2	ESTUDO DE CASO APLICANDO A MODELAGEM MATEMÁTICA.....	51
3.2.1	CONCEITOS.....	51
3.2.2	MODELO PROPOSTO.....	53
3.2.3	DIAGRAMA REPRESENTATIVO.....	53
3.2.4	MATERIAL E MÉTODO.....	54
3.2.4.1	CENÁRIO A.....	57
3.2.4.1.1	MODELAGEM - CENÁRIO A.....	59
3.2.4.1.2	RESULTADO - CENÁRIO A.....	61
3.2.4.2	CENÁRIO B.....	62
3.2.4.2.1	MODELAGEM - CENÁRIO B.....	64
3.2.4.2.2	RESULTADO - CENÁRIO B.....	67
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

LISTA DE FIGURAS E DE TABELAS

Figura 1.1: Localização do município de Piracicaba no Estado de São Paulo.....	17
Figura 1.2: Participação nas Exportações do Estado - Município de Piracicaba.....	21
Figura 1.3: Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado - Município de Piracicaba.....	21
Figura 1.4: PIB per Capita - Município de Piracicaba.....	22
Figura 1.5: Participação no PIB do Estado - Município de Piracicaba.....	22
Figura 1.6: Localização do município de Santa Bárbara d'Oeste no Estado de São Paulo.....	23
Figura 1.7: Participação nas Exportações do Estado - Município de Santa Bárbara d'Oeste.....	25
Figura 1.8: Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado - Município de Santa Bárbara d'Oeste.....	25
Figura 1.9: PIB per Capita - Município de Santa Bárbara d'Oeste.....	26
Figura 1.10: Participação no PIB do Estado - Município de Santa Bárbara d'Oeste.....	26
Figura 1.11: Localização do município de Americana no Estado de São Paulo.....	27
Figura 1.12: Participação nas Exportações do Estado - Município de Americana.....	29
Figura 1.13: Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado - Município de Americana.....	29
Figura 1.14: PIB per Capita - Município de Americana.....	30

Figura 1.15: Participação no PIB do Estado - Município de Americana.....	30
Figura 1.16: Localização do município de Nova Odessa no Estado de São Paulo.....	31
Figura 1.17: Participação nas Exportações do Estado - Município de Nova Odessa.....	32
Figura 1.18: Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado - Município de Nova Odessa.....	33
Figura 1.19: PIB per Capita - Município de Nova Odessa.....	33
Figura 1.20: Participação no PIB do Estado - Município de Nova Odessa.....	34
Figura 1.21: Estação Central de Santa Bárbara d'Oeste em 1917.....	35
Figura 1.22: Região de abrangência do ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa.....	36
Figura 1.23: a vapor parada na Estação Central de Santa Bárbara d'Oeste em 1938.....	36
Figura 1.24: Carregamento de açúcar em vagão na Estação Central de Santa Bárbara d'Oeste (sem data).....	38
Figura 2.1: Matriz de transportes - comparativo internacional.....	39
Figura 2.2: Comparativo internacional - densidade de malha km linha/milhares de km² de extensão territorial.....	40
Figura 2.3: Participação do modal rodoviário no Brasil e em outros países de grande extensão territorial.....	41
Figura 2.4: Matriz de transporte no Brasil e nos EUA.....	42
Figura 2.5: Segmento de mercado da ferrovia em relação a distancia no Brasil e nos EUA.....	43

Figura 2.6: Eficiência energética entre os modais.....	46
Figura 3.1: Participação dos estados na produção nacional de açúcar, safra 2003/2004.....	49
Figura 3.2: Exportação mundial de açúcar, 1990 a 2004.....	50
Figura 3.3: Componentes de uma rede.....	52
Figura 3.4: Representação diagramática do modelo de possibilidades de rotas.....	54
Figura 3.5: Localização das usinas produtoras de açúcar num raio de 100 km a partir de Piracicaba.....	56
Figura 3.6: Condições do Solver – Cenário A.....	59
Figura 3.7: Modelagem da rede e solução ótima – Cenário A.....	60
Figura 3.8: Condições do Solver – Cenário B.....	65
Figura 3.9: Modelagem da rede e solução ótima – Cenário B.....	66
Figura 3.10: Custos de transporte de açúcar – Cenário B.....	68
Figura 3.11: Captação de carga – Cenário B.....	68
Figura 3.12: Volume transportado de açúcar – Cenário B.....	69
Tabela 1.1: Território e População do município de Piracicaba.....	18
Tabela 1.2: Território e População do município de Santa Bárbara d’Oeste.....	23
Tabela 1.3: Território e População do município de Americana.....	27
Tabela 1.4: Território e População do município de Nova Odessa.....	31
Tabela 2.1: Estrutura de custos dos modais.....	44
Tabela 2.2: Emissão de poluentes por modal de transporte.....	47

Tabela 3.1: Maiores Produtores Mundiais de Açúcar, em 1000 toneladas, para as safras de 2000 a 2004/2005.....	48
Tabela 3.2: Regra do fluxo balanceado.....	53
Tabela 3.3: Produção de açúcar em usinas localizadas num raio de 100 km a partir de Piracicaba.....	55
Tabela 3.4: Composição de Custo de Transporte para açúcar.....	56
Tabela 3.5: Custos e índices de frete rodoviário para o transporte de açúcar.....	57
Tabela 3.6: Custos de frete ferroviário para o transporte de açúcar.....	57
Tabela 3.7: Custos de transbordo para açúcar.....	57
Tabela 3.8: Rotas e fretes para o transporte de açúcar - Cenário A (terminal Piracicaba x terminal Sumaré x rodoviário direto) - Situação atual.....	58
Tabela 3.9: Resultado - Cenário A.....	61
Tabela 3.10: Custos e índices de frete rodoviário para o transporte de açúcar.....	63
Tabela 3.11: Custos de frete ferroviário para o transporte de açúcar.....	63
Tabela 3.12: Custos de transbordo para açúcar.....	63
Tabela 3.13: Rotas e fretes para o transporte de açúcar - Cenário B (terminal Piracicaba x terminal Sumaré x rodoviário direto) - Situação proposta com redução dos custos de frete ferroviário e transbordo.....	63
Tabela 3.14: Resultado - Cenário B.....	67

INTRODUÇÃO

O custo de transporte representa a maior parcela dos custos logísticos na maioria das empresas, podendo superar o lucro operacional, segundo Nazário (2000). Inseridas neste contexto de alto custo de transporte, as empresas do setor sucroalcooleiro de Piracicaba e região que contam com frota própria para o transporte de açúcar, ou mesmo empresas transportadoras que prestam serviços a estas empresas, poderiam beneficiar-se de um sistema de transporte que combinasse a versatilidade e a agilidade do transporte rodoviário com a economia e alta capacidade de carga do transporte ferroviário, podendo maximizar a lucratividade com a redução de custos, conforme Christopher (1992).

Isto porque tais empresas reduziriam significativamente os altos custos com pedágios, além da economia de combustível, pneus, mão-de-obra e manutenção da frota, advindos da utilização de maior parte do trecho por via férrea (SOUZA, 2003).

Sendo assim, este trabalho tem por finalidade analisar a viabilidade da forma de transporte da produção de açúcar na região de Piracicaba, levando em consideração que esta região conta com um grande número de indústrias produtoras de açúcar que, por atuarem no mercado nacional e internacional, poderiam se tornar usuárias de um sistema de transporte que utilizasse a malha ferroviária da cidade (atualmente desativa), a qual se interliga a região de São Paulo, grande centro distribuidor e consumidor, até o porto de Santos, o maior do país.

Portanto será feita uma análise comparativa entre o atual método de transporte exclusivamente rodoviário em relação ao método rodo-ferroviário, considerando a implantação de um terminal intermodal de carga na cidade de Piracicaba para o transporte de açúcar das usinas dessa região até o porto de Santos. Por fim pretende-se concluir com a apresentação de dados numéricos que apontam qual a opção mais vantajosa economicamente.

Para tanto o estudo se **justifica** pela importância do modal ferroviário que apresenta uma alternativa mais econômica e com maior capacidade de transporte comparado ao modal rodoviário. A integração dos modais rodoviário e ferroviário através da intermodalidade, possibilita a otimização dos processos logísticos visando à redução dos custos de transporte.

Para Nazário (2000, p. 3), “[...] a utilização de mais de um modal representa agregarmos vantagens de cada modal, que podem ser caracterizados pelo serviço quanto pelo custo”.

Como **Pergunta** teve: Existe oferta de açúcar na região de Piracicaba para ser transportada pelo modal ferroviário com destino ao porto de Santos?

Já o **Problema** foi: Buscar a viabilidade econômica das alternativas de transporte de açúcar para exportação, da região de Piracicaba até o porto de Santos, integrando o modal ferroviário.

A **Hipótese** foi: Em determinadas situações, o baixo custo do frete oferecido pelo modal ferroviário, comparado ao rodoviário, favorece o transporte de *commodities* agrícolas por via férrea, pois esse tipo de mercadoria (açúcar) apresenta baixo valor agregado e grandes quantidades de carga. E também a integração do modal rodoviário ao ferroviário, através de um terminal intermodal de carga, permite acrescentar agilidade, versatilidade e economia nas operações de transporte.

O **objetivo geral** foi estudar uma nova alternativa de transporte do açúcar produzido na região de Piracicaba, focando a otimização dos processos e redução dos custos de transporte através de um modelo matemático linear aplicado a Logística.

Os **objetivos específicos** foram: analisar a oferta de açúcar produzida pelas usinas da região de Piracicaba, para avaliar a possibilidade de implantação de um terminal intermodal de carga nesta cidade, integrando os modais rodoviário e ferroviário; a partir disso, buscar a geração de economia advinda da utilização da modalidade rodo-ferroviária, e compará-la com os

resultados dos atuais métodos de transportes, a fim de trazer maior rentabilidade e desenvolvimento econômico ao setor e para a região.

Como **metodologia** para o desenvolvimento deste trabalho, fundamentou-se na realização de pesquisa exploratória, através de sites, revistas especializadas e trabalhos acadêmicos. Também, utilizando um modelo matemático aplicado à Logística, a fim de buscar alternativas econômicas de rotas e operações de transporte do açúcar produzido na região de Piracicaba, e analisar a economia gerada por estas alternativas.

O trabalho foi estruturado em três capítulos, sendo que o primeiro **Dados Históricos e Econômicos da Região**, traça o perfil característico da região analisada, o segundo **Panorama do Setor de Transporte no Brasil** traz uma breve abordagem da participação dos modais na matriz de transporte brasileira, e o terceiro **Modelagem Matemática no Transporte de Açúcar** discute a aplicação de um modelo matemático para o transporte de açúcar.

Com base nas informações conseguidas a partir dos estudos realizados nos capítulos anteriores, o capítulo quatro se reserva às **Considerações Finais**.

1 DADOS HISTÓRICOS E ECONÔMICOS DA REGIÃO

Este capítulo descreve as cidades localizadas na região de abrangência do trecho ferroviário em questão, a partir dos seus aspectos geográficos, históricos e econômicos.

1.1 PIRACICABA

Neste tópico, descrevem-se os dados geográficos, históricos e econômicos do município de Piracicaba.

1.1.1 LOCALIZAÇÃO

Piracicaba é um município brasileiro do estado de São Paulo. Localiza-se a 22°43'31" de latitude sul e a 47°38'57" de longitude oeste, a uma altitude de 547 metros (PIRACICABA, 2010).

Figura 1.1: Localização do município de Piracicaba no Estado de São Paulo.



Fonte: WIKIPEDIA (2010).

Tabela 1.1: Território e População do município de Piracicaba.

Território e População	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Área (Em km ²)	2010	1369,51	3542,52	248209,43
População	2010	377071	544285	42136277

Densidade Demográfica (Habitantes/km ²)	2010	275,33	153,64	169,76
--	------	--------	--------	--------

Fonte: SEADE (2010).

A cidade é um importante pólo regional de desenvolvimento industrial e agrícola, estando situada em uma das regiões mais industrializadas e produtivas de todo o Estado de São Paulo.

1.1.2 HISTÓRICO

Segundo dados do SEADE (2010), a região do rio Piracicaba começou a ser percorrida com o movimento das entradas e bandeiras. As terras próximas ao salto do rio sofreram as primeiras intervenções, entre o final do século XVII e meados do XVIII, tanto em decorrência da abertura de caminhos e estradas, quanto a pedidos e doações de sesmarias. Inicialmente, tratava-se do trânsito e do conseqüente povoamento originado das buscas pela exploração das minas de ouro em Cuiabá ou Minas Gerais.

Em função desse processo, a parte do território paulista que constituiria o futuro município de Piracicaba recebeu, portanto, suas primeiras demarcações. Oficialmente a formação do povoado propriamente dito é referenciada a incumbência dada, em 1766, ao Cap. Antônio Corrêa Barbosa pelo Capitão-General D. Luís Antônio de Souza Botelho Mourão, para fundar uma povoação na foz do Rio Piracicaba.

Entretanto o local escolhido, situava-se à margem direita do salto numa distância de 90 quilômetros da foz, uma vez que o núcleo seria um ponto de apoio para as embarcações que seguiam em direção a jusante do rio Tietê, além de servir como retaguarda ao abastecimento do Forte Iguatemi, naquela época localizado na fronteira com o Paraguai.

Em 1º de agosto de 1767 ocorreu oficialmente sua fundação, no termo da Vila de Itu. A povoação foi elevada à categoria de freguesia do município de Itu em 21 de junho de 1774 e transferida para a margem esquerda do Rio Piracicaba em 7 de julho de 1784. Quando foi erguida a vila em 31 de outubro de 1821, recebeu o nome de Vila Nova da Constituição.

A vila tornou-se um importante centro abastecedor e ganhou impulso a partir de 1836. Eram cultivados café, arroz, feijão, milho, algodão e fumo através do predominante sistema de pequenas propriedades. Havia também pastagens destinadas à criação de gado.

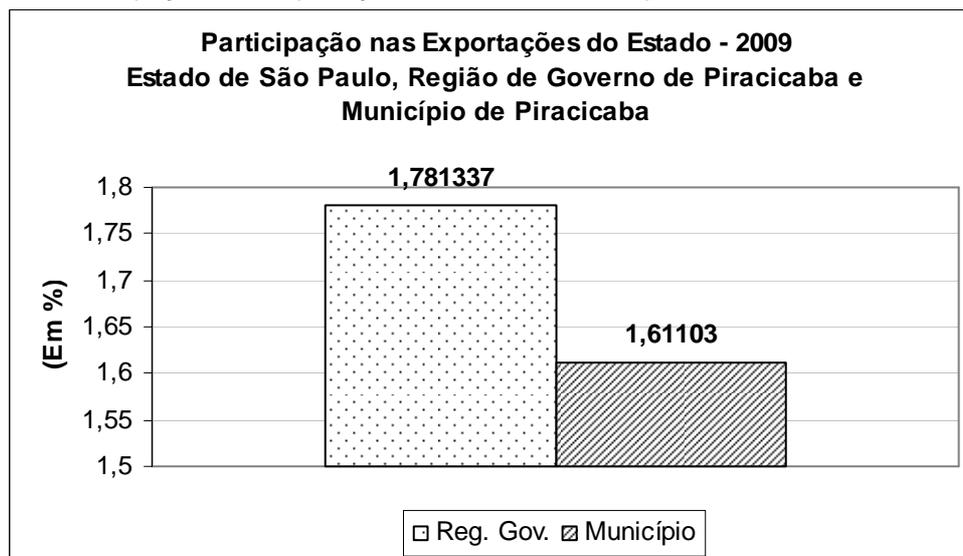
Recebeu foros de cidade em 24 de abril de 1856, mas a denominação de Piracicaba, que significa na língua tupi-guarani, “lugar onde o peixe pára” ou “lugar onde ajunta peixe”, apenas seria oficializada em 13 de abril de 1877. O município adquiriu novo estímulo quando, nesse mesmo ano, começou o tráfego no ramal da Estrada de Ferro Sorocabana (bitola estreita) que ligava Piracicaba a Itu.

1.1.3 ECONOMIA

A cidade de Piracicaba atualmente é uma das maiores forças econômicas do interior paulista, destacando-se os setores de açúcar, álcool, alimentício, mecânico, metalúrgico, têxtil e combustível (petroquímicos). O município é o 47º mais rico do Brasil, obtendo um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 7,8 bilhões entre 2003 - 2007 (IBGE, 2009).

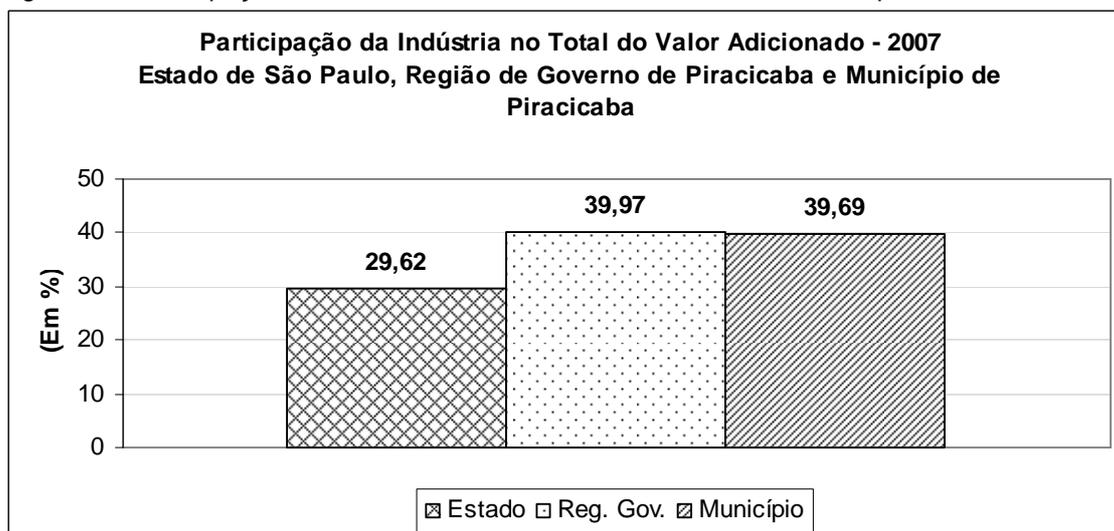
Também é a 5ª cidade do Estado de São Paulo em valor de exportações (US\$ 1,1 bilhão em 2004, representando um crescimento de 71% em comparação ao ano anterior), ficando acima de cidades economicamente importantes como Campinas e Guarulhos, conforme matéria do Jornal Cordero Virtual (2005).

Figura 1.2: Participação nas Exportações do Estado - Município de Piracicaba.



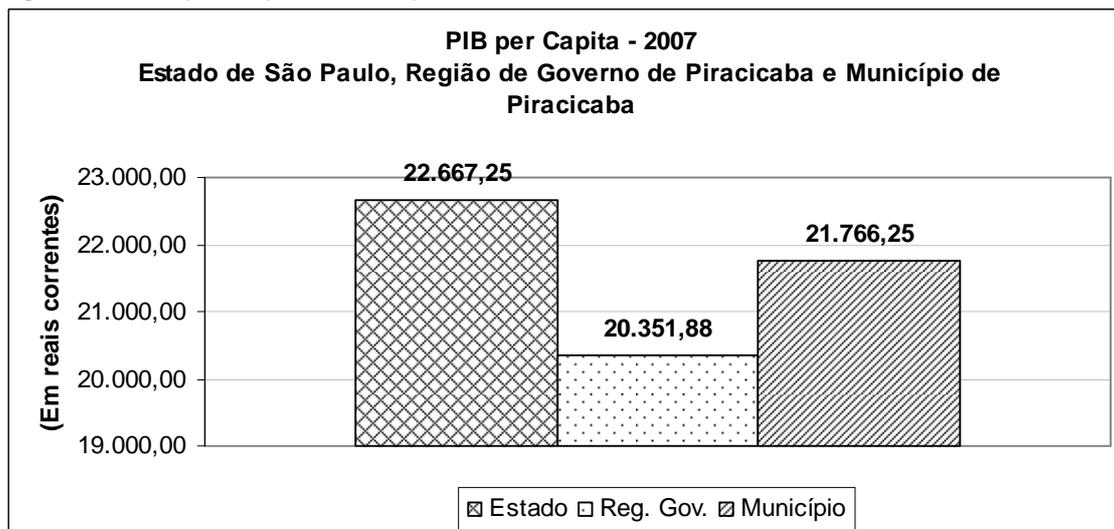
Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.3: Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado - Município de Piracicaba.



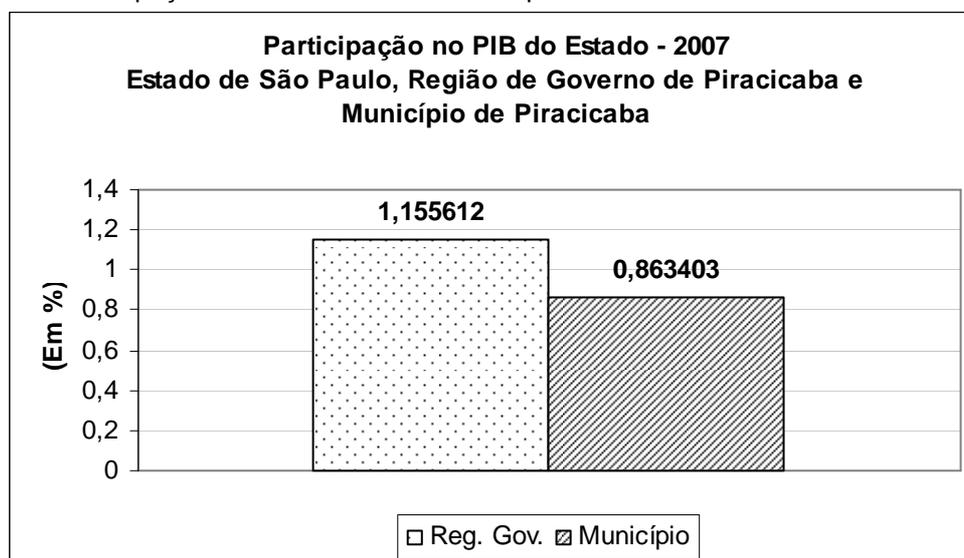
Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.4: PIB per Capita - Município de Piracicaba.



Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.5: Participação no PIB do Estado - Município de Piracicaba.



Fonte: SEADE (2010).

1.2 SANTA BÁRBARA D'OESTE

Neste tópico, descrevem-se os dados geográficos, históricos e econômicos do município de Santa Bárbara d'Oeste.

1.2.1 LOCALIZAÇÃO

Santa Bárbara d'Oeste é um município brasileiro do estado de São Paulo. Localiza-se a 22°45'15" de latitude sul e a 47°24'45" de longitude oeste, a uma altitude de 560 metros (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2010).

Figura 1.6: Localização do município de Santa Bárbara d'Oeste no Estado de São Paulo.



Fonte: WIKIPEDIA (2010).

Tabela 1.2: Território e População do município de Santa Bárbara d'Oeste.

Território e População	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Área (Em km ²)	2010	271,49	5226,62	248209,43
População	2010	190769	3017435	42136277
Densidade Demográfica (Habitantes/km ²)	2010	702,67	577,32	169,76

Fonte: SEADE (2010).

A cidade é considerada como o berço da indústria automobilística brasileira, sendo responsável pela produção do primeiro automóvel do Brasil. Destacando-se principalmente nos setores sucroalcooleiro, têxtil e metalúrgico.

1.2.2 HISTÓRICO

Conforme dados do SEADE (2010), o antigo povoado de Santa Bárbara, responsável pela formação do município, foi fundado por dona Margarida da Graça Martins em 1818. Administradas inicialmente por seu filho, o capitão Manoel Francisco da Graça Martins, suas terras abrigaram a construção de uma capela dedicada à Santa Bárbara, e foram parcialmente doadas para a constituição do próprio povoado.

Posteriormente, instalaram-se na região muitas famílias provenientes de Limeira, Campinas, Tietê e Sorocaba. Devido ao relativo crescimento

populacional e o incremento de atividades madeireiras, tornou-se necessária a instalação de serviços de administração pública.

Com a criação, em 18 de fevereiro de 1842 da freguesia do município de Nova Constituição, atual município de Piracicaba, o povoado de Santa Bárbara foi transferido para o município de Campinas em 23 de janeiro de 1844. No entanto, voltou a pertencer ao município de Nova Constituição em 2 de março de 1846 e foi elevado à categoria de vila em 15 de junho de 1869.

Imigrantes norte-americanos sobreviventes da Guerra da Secessão, a partir de 1875 estabeleceram-se no município, organizaram fazendas nas quais aplicavam novas técnicas agrícolas que contribuíram significativamente para o desenvolvimento da agricultura local. Estabeleceram-se também colonos europeus, geralmente agricultores e artesãos que construíram na sede do município oficinas onde aperfeiçoaram as atividades artesanais da região. Nessa época foi inaugurada a estação ferroviária da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, atualmente localizada na cidade de Americana.

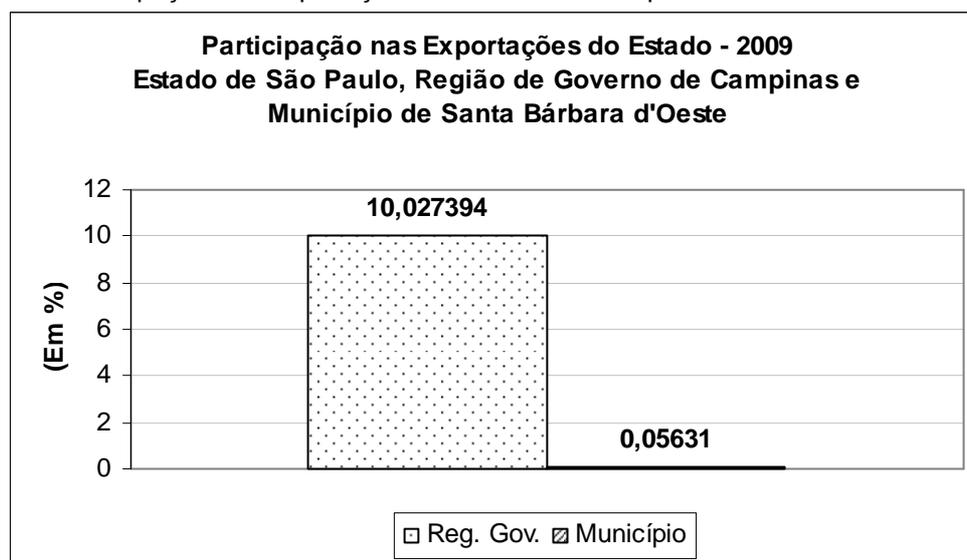
No início do século XX, a cidade de Santa Bárbara d'Oeste passou por um processo de expansão econômica, em consequência da intensificação das atividades agropecuárias e também pelas instalações de usinas sucroalcooleiras, em contrapartida sua sede mantinha um estágio estacionário. Em 30 de novembro de 1944, o município obteve sua denominação atual e, na década de 1950 teve a instalação de indústrias dos setores de implementos agrícolas, mecânico, têxtil e automobilístico, destacando-se ao fabricar o primeiro carro brasileiro, a “Romi-Isetta”.

1.2.3 ECONOMIA

O município de Santa Bárbara d'Oeste possui um perfil econômico relativamente diversificado e está deixando em segundo plano sua vocação no setor agrícola, especificamente na produção de cana-de-açúcar, devido à implantação de novos parques industriais e fortalecimento do comércio da cidade. O município está entre os que mais geram novas vagas de emprego no Estado de São Paulo (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2010).

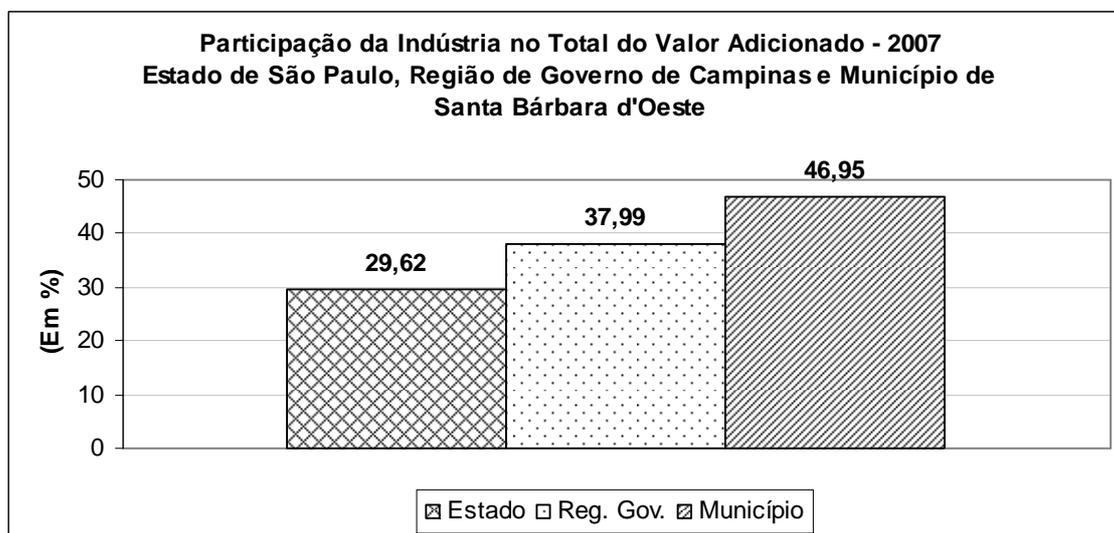
Em sua atividade industrial destacam-se os setores de açúcar, álcool, têxtil, metal-mecânica, químico, elétrico, bebidas, brinquedos, artefatos de plástico e borracha. Santa Bárbara d'Oeste é a 135ª cidade mais rica do Brasil, obtendo um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 2,8 bilhões entre 2003 - 2007 (IBGE, 2009).

Figura 1.7: Participação nas Exportações do Estado - Município de Santa Bárbara d'Oeste.



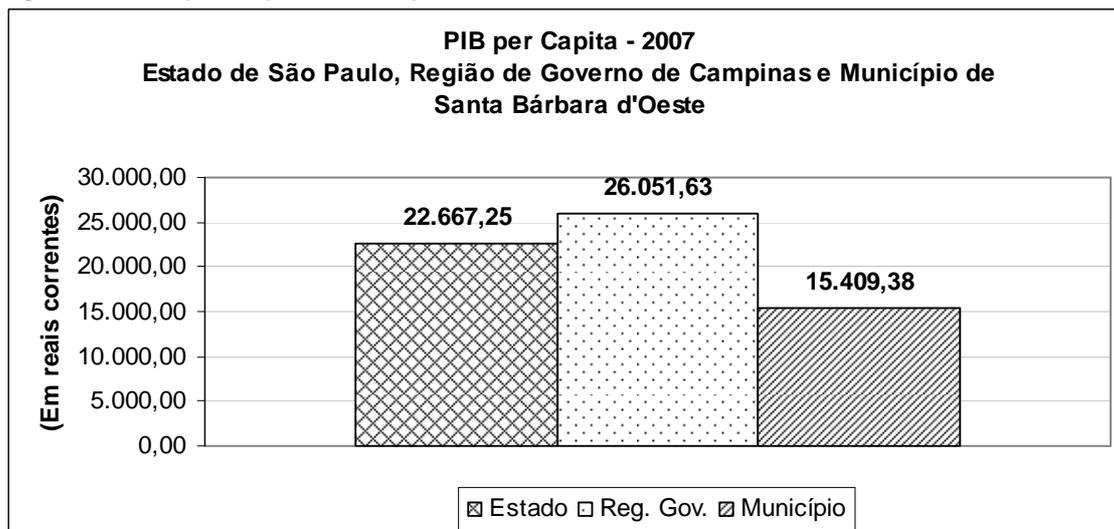
Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.8: Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado - Município de Santa Bárbara d'Oeste.



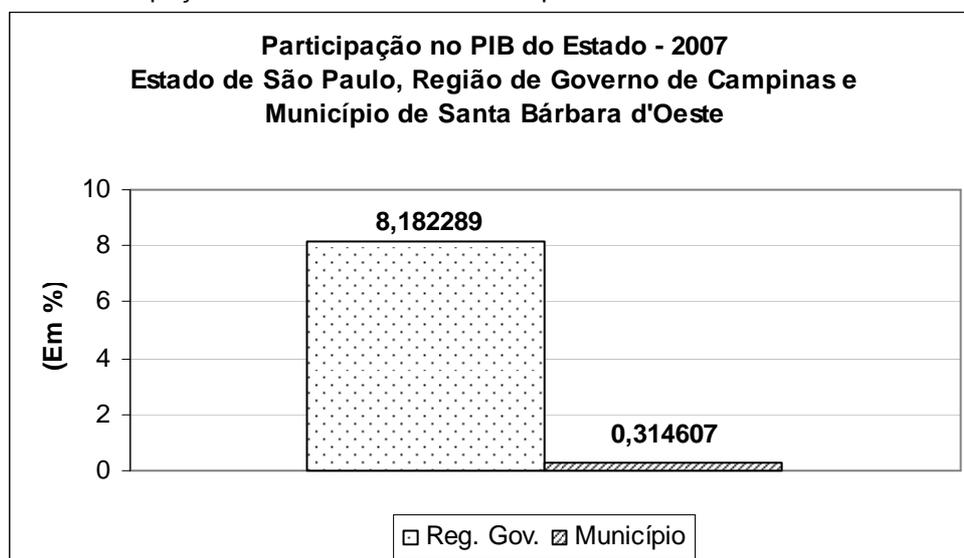
Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.9: PIB per Capita - Município de Santa Bárbara d'Oeste.



Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.10: Participação no PIB do Estado - Município de Santa Bárbara d'Oeste.



Fonte: SEADE (2010).

1.3 AMERICANA

Neste tópico, descrevem-se os dados geográficos, históricos e econômicos do município de Americana.

1.3.1 LOCALIZAÇÃO

Americana é um município brasileiro do estado de São Paulo. Localiza-se a 22°44'21" de latitude sul e a 47°19'53" de longitude oeste, a uma altitude de 545 metros (AMERICANA, 2010).

Figura 1.11: Localização do município de Americana no Estado de São Paulo.



Fonte: WIKIPEDIA (2010).

Tabela 1.3: Território e População do município de Americana.

Território e População	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Área (Em km ²)	2010	133,63	5226,62	248209,43
População	2010	207988	3017435	42136277
Densidade Demográfica (Habitantes/km ²)	2010	1556,45	577,32	169,76

Fonte: SEADE (2010).

A cidade de Americana recebeu esse nome devido à imigração norte-americana advinda da Guerra da Secessão que ocorreu nos Estados Unidos. O município destaca-se como um dos principais pólos têxteis do país.

1.3.2 HISTÓRICO

De acordo com os dados do SEADE (2010), Americana surgiu nas terras da fazenda Machadinho, remanescente da antiga sesmaria concedida a Domingos da Costa Machado, datada no final do século XVIII. Pertencente a Ignácio Pacheco, a fazenda foi adquirida por Antonio e Basílio Bueno Rangel em 1873. Posteriormente, loteada e vendida para colonos americanos, italianos e brasileiros.

Os hábitos e costumes, principalmente as técnicas agrícolas aplicadas na região sul dos Estados Unidos, trazidas pelos colonos americanos,

trouxeram ao lugar um aspecto de comunidade rural americana. As figuras do coronel William Noris e de seu filho Robert (veteranos da Guerra de Secessão) foram fundamentais para o estabelecimento de uma colônia americana em terras pertencentes a Campinas e Piracicaba, das quais se originariam as cidades de Americana e Santa Bárbara D'Oeste.

O povoado consolidou-se com a inauguração da estação ferroviária da Companhia Paulista de Vias Férreas e Fluviais, por D. Pedro II e dona Teresa Cristina em 27 de agosto de 1875, considerada a data oficial de fundação do município. Neste ano, houve a instalação da primeira fábrica de tecidos de algodão que seria ampliada, em 1902, a qual obteve renome internacional a partir das construções de uma vila industrial e da usina hidrelétrica Salto Grande, no Rio Atibaia.

Em 1900, foi construída a paróquia de Santo Antônio de Vila Americana que, em 30 de julho de 1904, foi elevada a distrito da cidade de Campinas, assumindo o nome de Vila Americana.

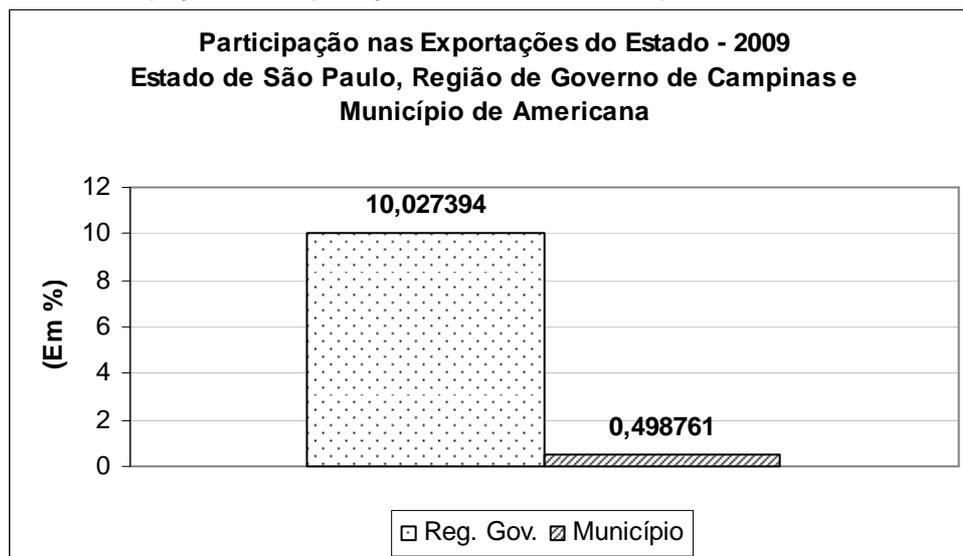
Em decorrência da rivalidade e da disputa pelo direito à cobrança de impostos com a Vila de Santa Bárbara, a Vila Americana conquistou sua emancipação político-administrativa da primeira em 12 de novembro de 1924, resultado da campanha liderada por Dr. Antônio Álvares Lobo. Em 30 de novembro de 1932, o município recebeu sua denominação atual.

Inicialmente, a economia de Americana baseava-se nas produções de melancia e algodão. Ao decorrer do tempo, a cidade tornou-se um importante pólo têxtil no país.

1.3.3 ECONOMIA

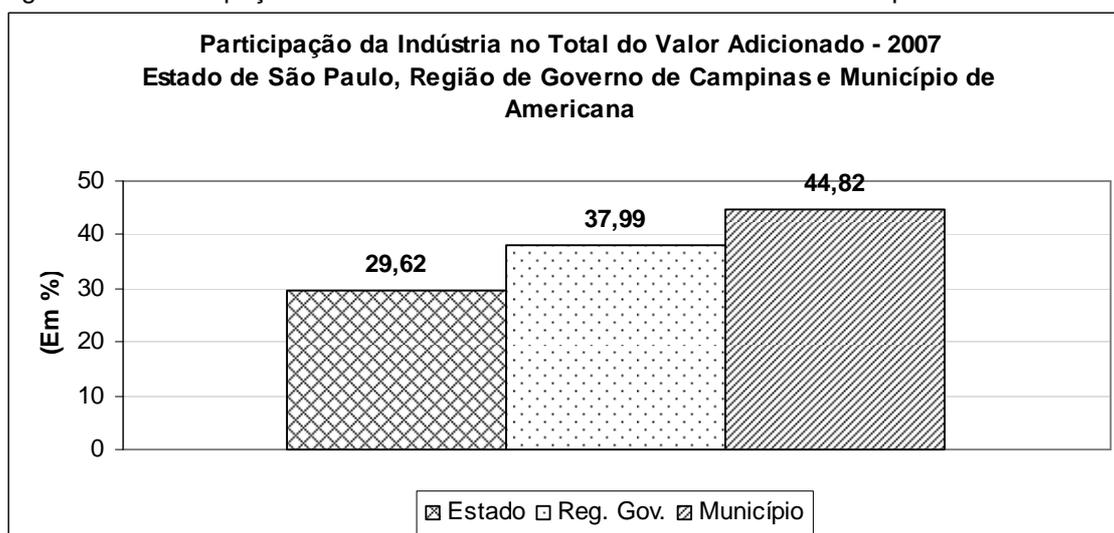
O município de Americana atualmente é um importante foco de investimento nacional e internacional. Possui mão-de-obra qualificada em diversos setores, destacando-se como um dos principais pólos fabricantes de tecidos planos de fibras artificiais e sintéticas da America Latina. Americana é a 72ª cidade mais rica do Brasil, obtendo um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 5,3 bilhões entre 2003 - 2007 (IBGE, 2009).

Figura 1.12: Participação nas Exportações do Estado - Município de Americana.



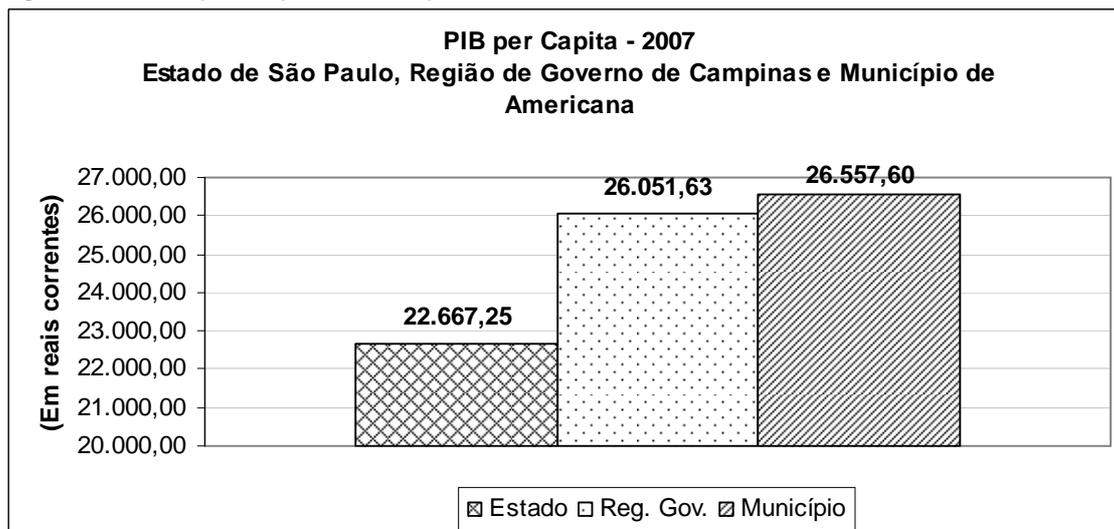
Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.13: Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado - Município de Americana.



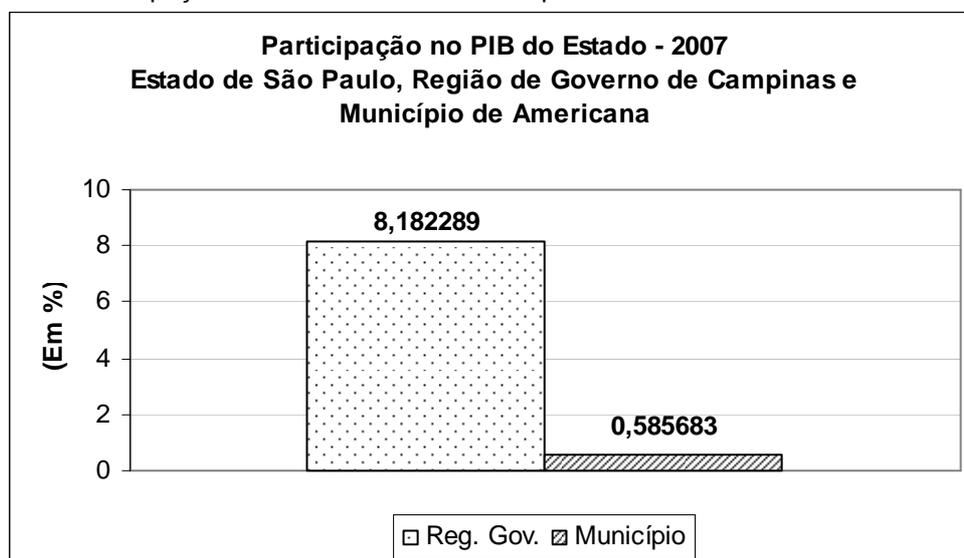
Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.14: PIB per Capita - Município de Americana.



Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.15: Participação no PIB do Estado - Município de Americana.



Fonte: SEADE (2010).

1.4 NOVA ODESSA

Neste tópico, descrevem-se os dados geográficos, históricos e econômicos do município de Nova Odessa.

1.4.1 LOCALIZAÇÃO

Nova Odessa é um município brasileiro do estado de São Paulo. Localiza-se a 22°47'20" de latitude sul e a 47°19'51" de longitude oeste, a uma altitude de 540 metros (NOVA ODESSA, 2010).

Figura 1.16: Localização do município de Nova Odessa no Estado de São Paulo.



Fonte: WIKIPEDIA (2010).

Tabela 1.4: Território e População do município de Nova Odessa.

Território e População	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Área (Em km ²)	2010	73,3	5226,62	248209,43
População	2010	47893	3017435	42136277
Densidade Demográfica (Habitantes/km ²)	2010	653,38	577,32	169,76

Fonte: SEADE (2010).

O nome da cidade foi escolhido devido à visita que o fundador fez à cidade ucraniana de Odessa, de onde trouxe o estilo de suas ruas, que possuem formato losangular.

1.4.2 HISTÓRICO

Segundo dados do SEADE (2010), o núcleo colonial de Nova Odessa foi fundado em 24 de maio de 1905 por Carlos José de Arruda Botelho. As terras da Fazenda Pombal foram adquiridas pelo Governo do Estado, a fim de acomodar os imigrantes, na maioria vindos da Letônia, os quais chegaram à região por volta de 1898. Inicialmente o núcleo recebeu um número considerável de judeus russos, decorrente de uma política de incentivo à imigração de pessoas de origem judaica implementada pelo Governo Russo entre os anos de 1905 e 1906.

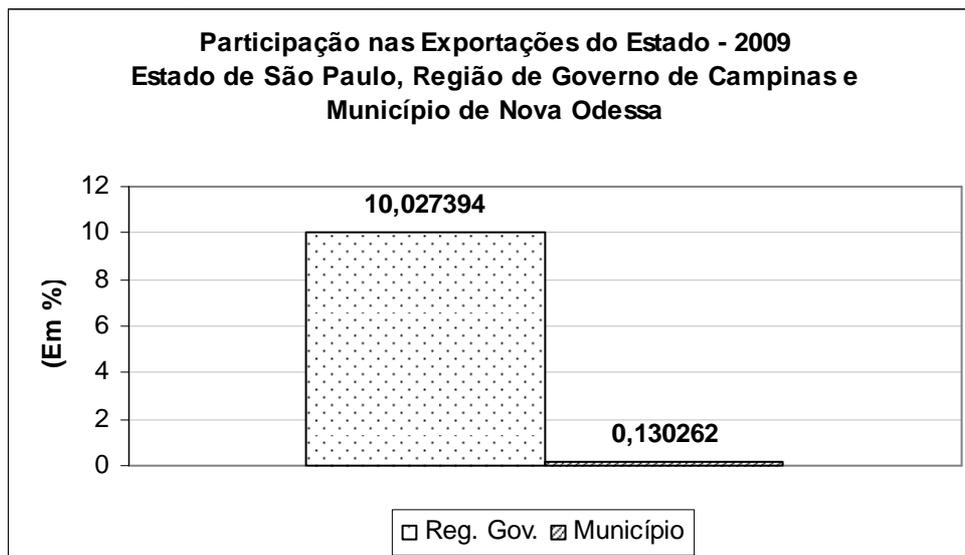
Nova Odessa foi elevada a distrito do município de Americana em 30 de novembro de 1938, mas somente em 18 de fevereiro de 1959, obteve sua autonomia político-administrativa.

1.4.3 ECONOMIA

A cidade de Nova Odessa possuía praticamente 90% da mão-de-obra voltada para o ramo da Indústria Têxtil. Com o passar dos anos, esse quadro vem se alterando, mantendo os mesmos níveis de emprego e atraindo a vinda de novas empresas através de algumas particularidades, como localização, mananciais hídricos, rodovias próximas, mão-de-obra, etc. Estes recursos permitiram a instalação de alguns setores no município, tais como: Metalurgia (Fundição), Plástico, Indústria Química, Laboratórios (NOVA ODESSA, 2010).

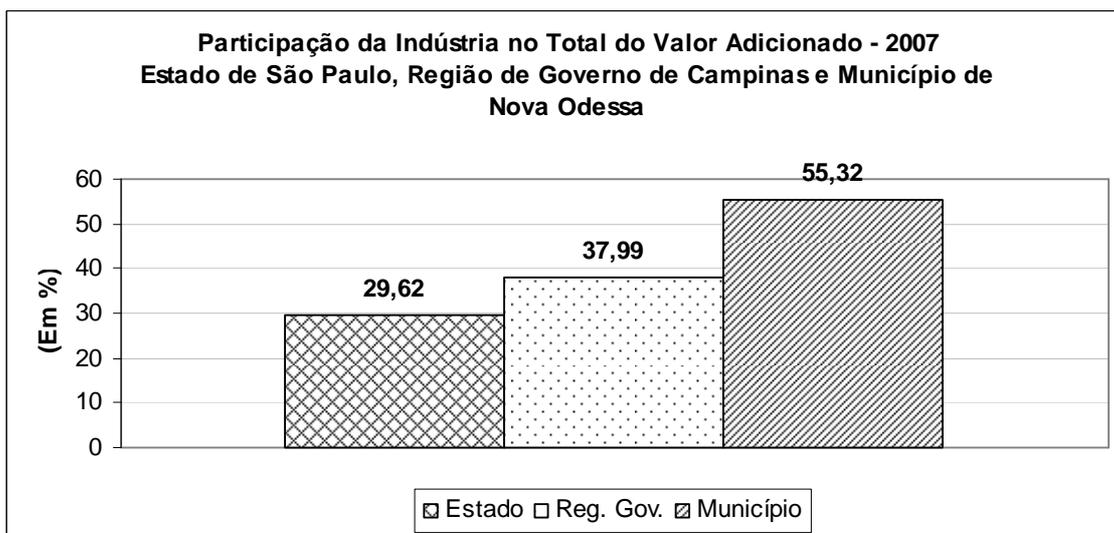
Nova Odessa obteve um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 836.467 mil entre 2002 - 2005 (IBGE, 2007).

Figura 1.17: Participação nas Exportações do Estado - Município de Nova Odessa.



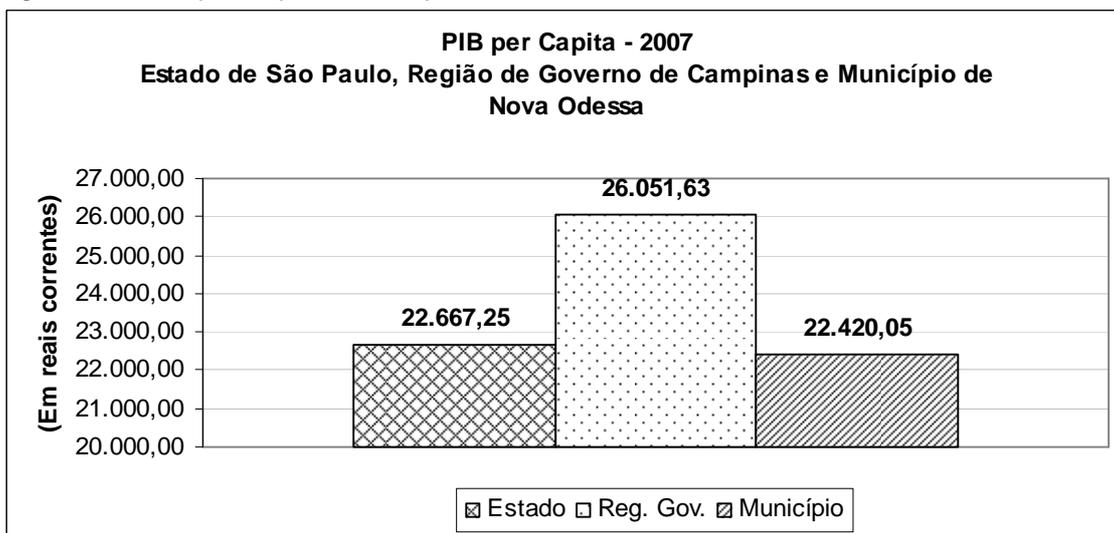
Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.18: Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado - Município de Nova Odessa.



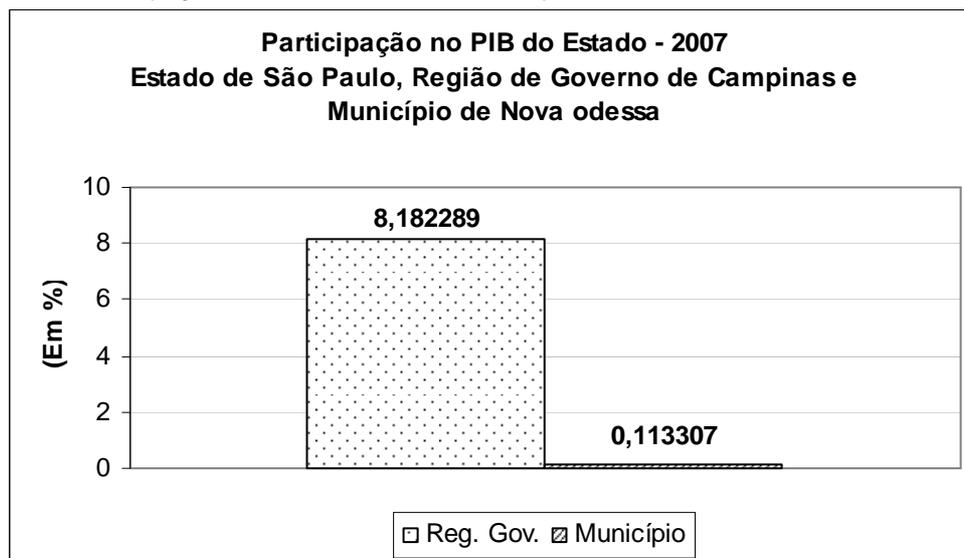
Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.19: PIB per Capita - Município de Nova Odessa.



Fonte: SEADE (2010).

Figura 1.20: Participação no PIB do Estado - Município de Nova Odessa.



Fonte: SEADE (2010).

1.5 RAMAL DE PIRACICABA

Neste tópico, descreve-se o histórico e a situação atual do ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa.

1.5.1 INÍCIO

O ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa, de acordo com SANTA BÁRBARA D'OESTE (2010), foi uma estrada de ferro que operava o transporte de passageiros entre 1917 a 1977, a qual representava a principal ligação das cidades servidas pelo ramal com os demais municípios do Estado de São Paulo, numa época em que os trens de passageiros eram eficientes em transportar pessoas aos diversos lugares.

As operações do ramal de Piracicaba iniciaram-se em 1917, partindo da pequena estação de Recanto em Nova Odessa. O desvio localiza-se próximo a rotatória do distrito industrial da cidade, seguindo pelo bairro Mathiensen em Americana nas proximidades da divisa com a cidade anterior. Adentrando o território de Santa Bárbara d'Oeste, chegava à estação Cillos, que apesar de ser a primeira parada em território barbarensense, somente foi construída em 1924 para atender moradores e trabalhadores da usina Cillos, desativa na década de 1970. Na seqüência chegava à estação central de Santa Bárbara d'Oeste, sendo esta a principal da cidade.

Em seguida chegava-se na estação Caiubi, localizada na zona rural barbarensense. Logo em frente parava na estação Tupi já em território piracicabano. Ambos os bairros vizinhos Caiubi e Tupi foram fundados por membros da mesma família, na mesma época e conservam até hoje suas características rurais. Adiante a penúltima parada era a estação Taquaral onde existe atualmente um campus universitário. Somente em 1922 os trilhos chegaram ao ponto final na estação Piracicaba Paulista.

Figura 1.21: Estação Central de Santa Bárbara d'Oeste em 1917.



Fonte: SANTA BÁRBARA D'OESTE (2010).

O trecho total corresponde a uma extensão de 40 quilômetros (conforme a Figura 1.22), percorrendo 7 estações. Partiam de Nova Odessa trens tracionados por locomotivas a vapor que, na década de 1960 foram substituídas por locomotivas diesel-elétrica produzidas nos Estados Unidos no final dos anos 50. Algumas composições que vinham da capital paulista eram segmentadas e seus vagões eram separados no entroncamento da ferrovia. Seguiam viagem pela linha-tronco as locomotivas elétricas e os vagões do ramal seguiam rumo a Piracicaba, engatados na locomotiva diesel-elétrica.

Figura 1.22: Região de abrangência do ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações de SANTA BÁRBARA D'OESTE (2010) e GOOGLE MAPS (2010).

Quando retornavam de Piracicaba, em Nova Odessa a operação era invertida ocorrendo a unificação dos vagões do ramal ao trem que seguia em direção a São Paulo. A baldeação de passageiros era necessária em viagens com destino ao interior.

Figura 1.23: Locomotiva a vapor parada na Estação Central de Santa Bárbara d'Oeste em 1938.



Fonte: SANTA BÁRBARA D'OESTE (2010).

1.5.2 DECADÊNCIA

Segundo SANTA BÁRBARA D'OESTE (2010), o ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa foi operado pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro (bitola larga) entre os anos de 1917 a 1971. Em decorrência da estatização, a empresa foi incorporada a FEPASA - Ferrovias Paulistas S/A em 1971.

Havia o interesse em prolongar o trecho mencionado, construído em bitola larga (distância de 1,60 metro entre os trilhos), até a cidade de Bauru, mas foi abortado devido aos obstáculos geográficos existentes. Outra idéia era a conexão com o ramal ferroviário da EFS - Estrada de Ferro Sorocabana existente em Piracicaba, construída em bitola métrica (distância de 1,00 metro entre os trilhos), na qual ligava a cidade até Itu. Entretanto essa possível interligação, tornou-se inviável em decorrência da diferença de bitolas entre os dois ramais, na qual exigiria a implantação onerosa de um terceiro trilho e que transformaria o trecho em bitola mista (distâncias de 1,00 e 1,60 metro entre os trilhos).

O sistema ferroviário brasileiro foi abandonado pelo governo após a estatização. A falta de investimentos fez com que vários ramais ferroviários fossem suprimidos, causando a perda da credibilidade, aumento dos atrasos dos trens que já não eram rápidos como outrora e tornando-se ineficientes.

Com a estagnação do transporte ferroviário de passageiros no ramal de Piracicaba, o trecho continuou a operar apenas com o transporte de carga, principalmente mercadorias de açúcar produzidas pela Usina Santa Bárbara, que em 1995 com a sua desativação cessou os serviços de transporte no ramal e ocasionando o seu atual estado de abandono.

Os trilhos permanecem no local até hoje e a concessionária FERROBAN - Ferrovia Bandeirantes, recentemente incorporada a ALL - América Latina Logística, estuda uma possível reativação dos trens cargueiros pelos trilhos, atualmente coberto pelo mato, segundo informações do site ESTAÇÕES FERROVIÁRIAS DO BRASIL (2010).

Figura 1.24: Carregamento de açúcar em vagão na Estação Central de Santa Bárbara d'Oeste (sem data).



Fonte: SANTA BÁRBARA D'OESTE (2010).

2 PANORAMA DO SETOR DE TRANSPORTE NO BRASIL

O capítulo a seguir avalia de forma breve a situação atual da matriz de transporte brasileira, ressaltando a importância do modal ferroviário frente às questões de custos e aos aspectos ambientais.

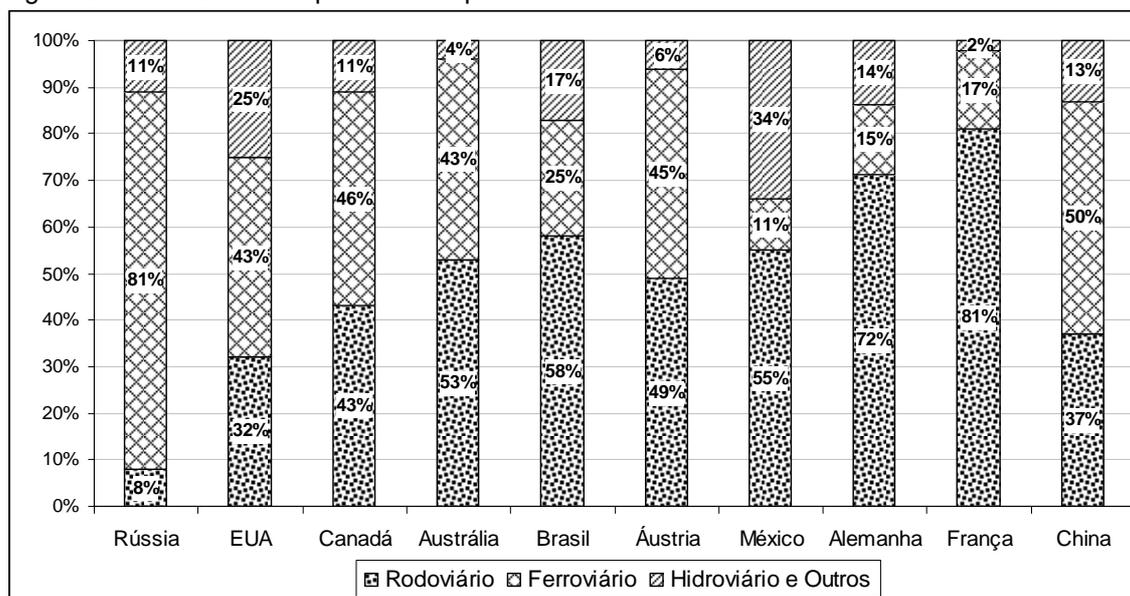
2.1 MATRIZ DE TRANSPORTE

A Pesquisa CNT de Ferrovias 2009 avalia que o transporte ferroviário nacional presencia um momento importante após passar por um processo de concessão das malhas federais à iniciativa privada, ocorrido no final dos anos 90, concretizando a exploração do serviço público de transporte ferroviário de cargas mediante contratos celebrados pela União. Além disso, as concessionárias e a União firmaram os contratos de arrendamento dos ativos vinculados a cada uma das malhas provenientes da desestatização da RFFSA - Rede Ferroviária Federal S.A. Conseqüentemente, os volumes transportados pelo modal ferroviário vêm crescendo ano a ano, proporcionando economias significativas no transporte de cargas do país (CNT, 2009, p. 9).

Conforme esta pesquisa, mais de 25% da produção nacional é transportada pelas ferrovias e, considera-se uma distorção a baixa representatividade das ferrovias no Brasil pelo fato deste ser um país de dimensões continentais. A integração da malha ferroviária brasileira foi prejudicada pelos órgãos responsáveis em decorrência de um planejamento de longo prazo inexpressivo. Fatores como material rodante, bitola estreita, equipamentos, pouca capacidade dos terminais, além de muitos outros aspectos, deixaram o modal ferroviário em estado de abandonado por muitas décadas e tornando-o pouco competitivo.

Segundo o Ministério dos Transportes (2007, apud Frederico 2008: p. 123), baseando-se em dados referentes ao ano de 2005, a participação do modal ferroviário na matriz de transporte está entre 40 a 80% em países como Rússia, Canadá, China e EUA, os quais possuem dimensões continentais, como o Brasil, conforme Figura 2.1.

Figura 2.1: Matriz de transportes - comparativo internacional.



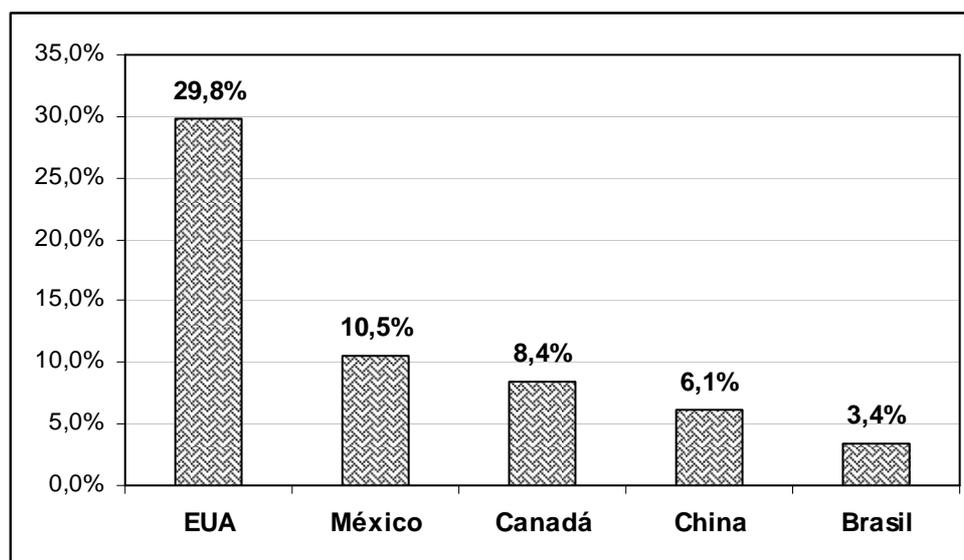
Fontes: MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2007).

Este autor observa que em comparação ao Brasil, países como a Áustria, cuja área territorial é pequena, o modal ferroviário possui 45% de participação em sua matriz de transporte. Em 2006 nos Estados Unidos, as ferrovias realizaram uma produção de 2.852,9 bilhões de TKU (tonelada útil x quilômetro), conforme dados da AAR - Association of American Railroads (2006), corresponde a uma produção doze vezes maior que os 238 bilhões de

TKU produzidos no Brasil. Isto evidencia que o país precisa se desenvolver nesta modalidade para aumentar sua competitividade externa, possibilitando a redução do custo logístico global dos produtos nacionais.

Ele também ressalta, de acordo com o BNDES (2005), que a malha férrea brasileira possui 29,8 mil km de extensão, sendo inferior a de países com dimensões territoriais semelhantes, como é o caso dos Estados Unidos (160 mil km), Canadá (56,7 mil km) e Rússia (86 mil km). Países com área territorial inferior a do Brasil, possuem uma rede ferroviária maior, como é o caso da Alemanha, com 63,8 mil km, e da Argentina, com 34 mil km. Conforme mostra a Figura 2.2 a comparação da densidade de malha ferroviária do Brasil com países de grandes extensões territoriais.

Figura 2.2: Comparativo internacional - densidade de malha km linha/milhares de km² de extensão territorial.



Fontes: FIGUEIREDO (2005).

Segundo Figueiredo (2005, apud Frederico, 2008: p. 125), a malha ferroviária nacional está concentrada na região litorânea do país e em diversos trechos não possui um direcionamento adequado aos fluxos observados na economia moderna.

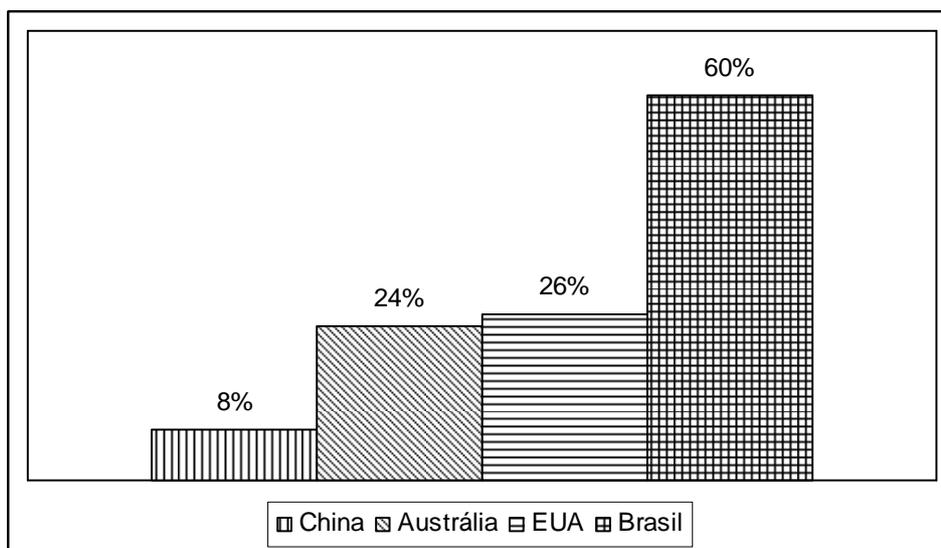
De acordo com Souza (2003, p. 2), o transporte de cargas no Brasil, há vários anos vem apresentando problemas estruturais, como a dependência exacerbada do modal rodoviário, o envelhecimento da frota, a atuação crescente de autônomos num sistema de transporte, onde sua regulamentação

não é cumprida e/ou fiscalizada e a dificuldade no desenvolvimento para utilização dos demais modais de transporte. Destacando também o aumento do número de acidentes e fatalidades no trânsito, além do crescente índice de roubo de carga nas rodovias brasileiras.

Conforme estudo conjunto da CNT - Confederação Nacional de Transportes, e do Centro de Estudos em Logística do Coppead, da UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002, apud Souza, 2003: p. 2), diz que na base dos problemas do setor de transporte estão deficiências nas políticas governamentais de investimentos, atreladas ao alto custo de capital e à falta de regulamentação, as quais incentivam a utilização demasiada do modal rodoviário no Brasil.

Observa-se, ainda que o modal rodoviário apresente pontos fortes como velocidade, disponibilidade e flexibilidade, os seus pontos fracos como baixa eficiência energética, altos índices de emissão de poluentes, índices baixos de segurança e pouca produtividade se evidenciam num país com as características do Brasil, o qual possui dimensões continentais e dependência de bens primários na economia para a formação do PIB - Produto Interno Bruto. Fica evidente a grande utilização do modal rodoviário na matriz de transporte brasileira, a partir da Figura 2.3 que compara o Brasil a outros países com grandes extensões territoriais.

Figura 2.3: Participação do modal rodoviário no Brasil e em outros países de grande extensão territorial.



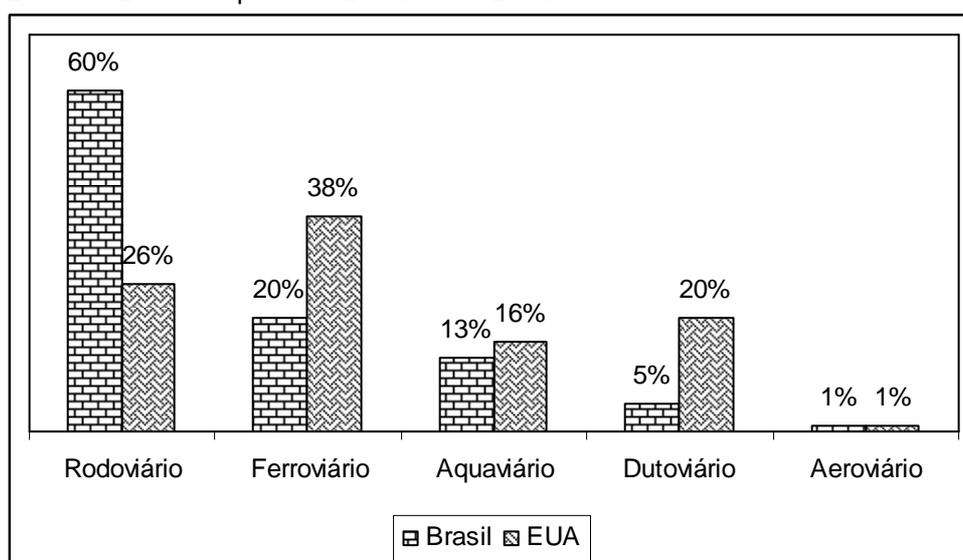
Fonte: CNT/COPPEAD (2002).

A grande vantagem da intermodalidade está na possibilidade de unir os pontos fortes de cada modal de transporte. No Brasil, este conceito está em experimentação, passando por uma fase inicial de atuação no transporte de mercadorias com alto valor agregado (SOUZA, 2003, p. 3).

Segundo Slack (1996, apud Souza, 2003: p. 3), cada modal possui características diferentes que melhor se aplicam ao tipo da carga a ser transportada. Mas, nem todos os modais são adequados aos vários tipos de produtos, pois a modalidade de transporte é determinada, baseando-se na importância referente à velocidade, custos de transporte, confiabilidade da entrega, flexibilização da rota e a possível perda da qualidade do produto durante o transporte.

Souza (2003, p. 3) cita que, durante pesquisas realizadas pela CNT - Confederação Nacional de Transportes (1993) e pelo Ministério dos Transportes (1999), a modificação na participação dos modais na matriz de transporte brasileira foi mínima, baseando-se nos valores da figura 2.4, comparado com a matriz de transporte dos Estados Unidos, evidencia o seu equilíbrio em relação à brasileira, e tem maior ênfase na utilização do modal ferroviário.

Figura 2.4: Matriz de transporte no Brasil e nos EUA.



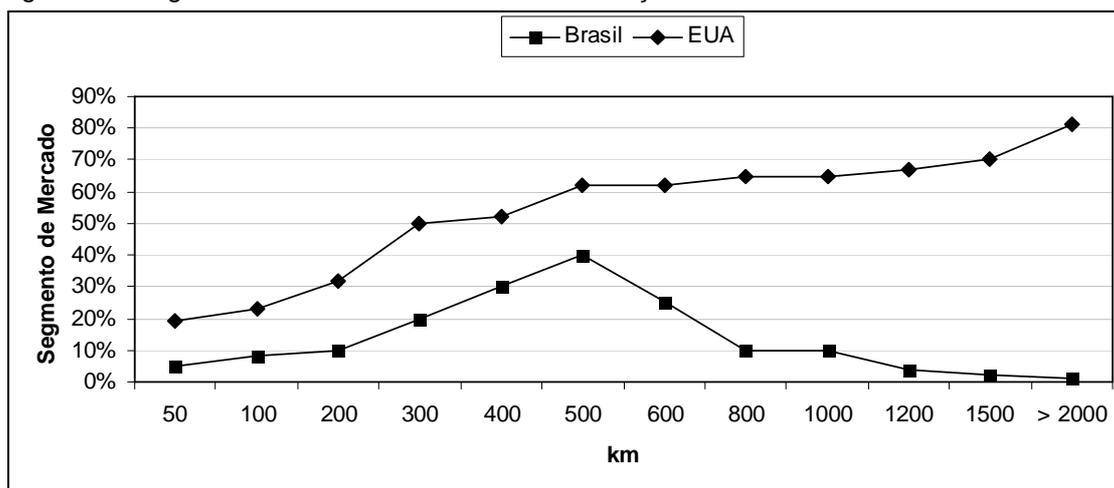
Fontes: CNT, Brasil (2002) e DOT - Department of Transportation, EUA (2001).

Ele observa que mesmo a matriz de transporte tenha se mantido inalterada nos últimos dez anos, este setor tem a tendência fortalecida por

projeções de órgãos governamentais e multilaterais, de ascensão no uso dos modais ferroviário e aquaviário. É necessário que ocorra uma participação maior do setor ferroviário, substancialmente e também qualitativamente. A cada 10 carros produzidos nos Estados Unidos, 7 são transportados por trens com vagões especiais de até três andares, das montadoras até as revendedoras, ressalta o autor citando Field Guide - AAR (2003).

Faz-se necessário também, que a curva descendente, conforme mostra a Figura 2.5, do segmento de mercado das ferrovias brasileiras, na participação do transporte de cargas a grandes distâncias, seja remanejada para valores semelhantes a da curva norte-americana. Todavia, onde o modal ferroviário é mais competitivo, ele acaba sendo subutilizado no Brasil, segundo Souza (2003, p. 03).

Figura 2.5: Segmento de mercado da ferrovia em relação a distancia no Brasil e nos EUA.



Fontes: COPPEAD/UFRJ, Brasil (2001) e Association of American Railroads, EUA (2001).

2.2 RELAÇÃO CUSTO NOS MODAIS DE TRANSPORTE

Segundo Fleury e outros (2000), Bowersox e outros (1999), citados pelo IPEA (2006, p. 409), consideram que o transporte de mercadorias é o principal componente dos sistemas logísticos das organizações empresariais. Seu grau de importância pode ser mensurado através de, no mínimo, três indicadores financeiros: custo, faturamento e lucro. O transporte é representado, em média, por 64% dos custos logísticos, 4,3% do faturamento, e em alguns casos, mais que o dobro do lucro. Lima (2005), também citado, diz que diversas pesquisas

e estudos mostram que os gastos com transporte variam em torno de 6% do PIB em países que possuem um nível razoável de industrialização.

São cinco os modais de transporte de cargas: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Cada um possui características operacionais específicas e, conseqüentemente, estruturas de custos específicas que os tornam mais adequados para determinados tipos de produtos e de operações. Os critérios para a escolha do modal de transporte devem sempre levar em consideração aspectos de custos por um lado, e características do serviço por outro (IPEA, 2006, p.412).

Fleury (2003, apud IPEA, 2006: p. 412), diz que os preços relativos aos diversos modais de transporte no Brasil possuem a mesma ordenação comparada aos dos Estados Unidos: aéreo (maior), rodoviário, ferroviário, dutoviário e aquaviário (menor). Bowersox e Closs (1996), também citados, ressaltam que, de certa forma esses preços relativos refletem a estrutura de custos de cada modal, e por sua vez, torna-se reflexo das suas características operacionais.

Tabela 2.1: Estrutura de custos dos modais.

Modal	Custos Fixos	Custos Variáveis
Ferrovário	Alto Devido a equipamentos (terminais, vias férreas, etc.)	Baixo
Rodoviário	Baixo (rodovias estabelecidas e construídas com fundos públicos)	Médio (combustível, manutenção, etc.)
Aquaviário	Médio (navios e equipamentos)	Baixo Capacidade para transportar grande tonelagem
Dutoviário	Mais Elevado (direitos de acesso, construção, requisitos para controles das estações e capacidade de bombeamento)	Mais Baixo (nenhum custo com mão de obra de grande importância)

Fonte: BOWERSOX (1996).

De acordo com o IPEA (2006, p. 412), o modal ferroviário apresenta elevados custos fixos, devido a substanciais investimentos em terminais, trilhos, vagões e locomotivas. Em contrapartida, seus custos variáveis são baixos. Já o modal rodoviário apresenta baixos custos fixos, uma vez que a construção e a manutenção de infra-estrutura rodoviária dependem do poder

público, e seus custos variáveis (com manutenção da frota, combustível, lubrificantes, etc.) acabam sendo medianos. O modal aquaviário por sua vez, apresenta custos fixos medianos, em decorrência de investimentos em embarcações e equipamentos, e seus custos variáveis são relativamente baixos em razão da capacidade de transportar grandes toneladas e volumes. Na seqüência, o modal dutoviário possui custos fixos bem mais altos, devido à construção, estações de controle, capacidade de bombeamento e direitos de passagem. Todavia, apresenta custos variáveis bem menores, às vezes representando valores irrisórios. Enfim, o modal aéreo possui baixos custos fixos na aquisição de aeronave e sistemas de manuseio, mas seus custos variáveis são os mais altos (mão-de-obra, manutenção e combustível).

2.3 CARACTERÍSTICAS E ASPECTOS AMBIENTAIS

Conforme a ANTT (2007, apud Frederico, 2008: p. 110) o modal ferroviário é caracterizado pela sua capacidade de transportar grandes volumes com alta eficiência energética, principalmente em casos de deslocamentos a médias e longas distâncias. Apresenta também, maior segurança, menor índice de acidentes e menor incidência de roubos e furtos, em comparação ao modal rodoviário.

O mesmo autor faz menção das principais mercadorias tipicamente transportadas pelo modal ferroviário:

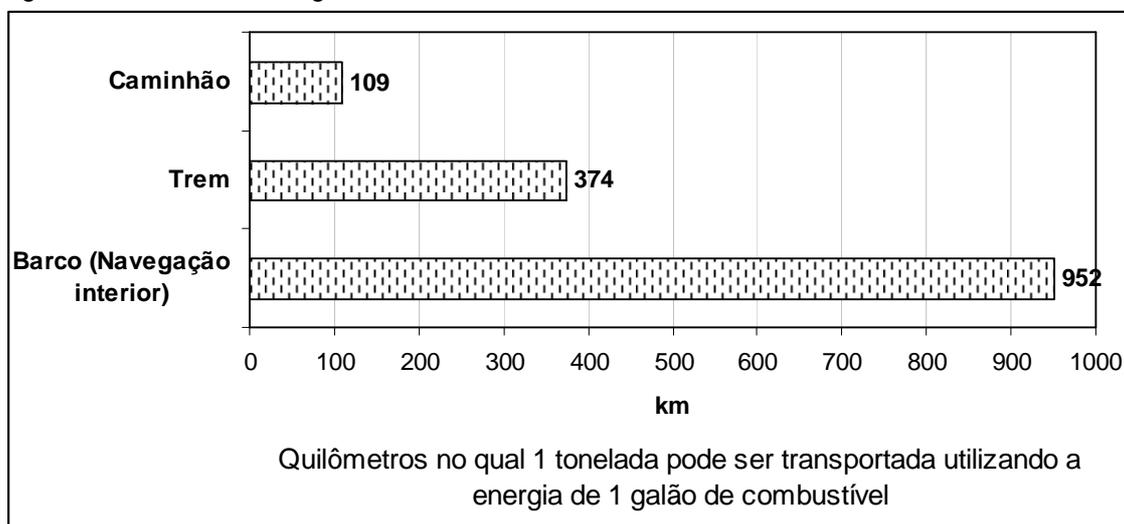
- Minério de Ferro;
- Grãos;
- Derivados de Petróleo;
- Carvão Mineral e Clínquer;
- Cimento e Cal;
- Calcário;
- Adubos e Fertilizantes;

- Produtos Siderúrgicos; e
- Contêineres.

Para a ANTT (2007), “[...] o sistema ferroviário nacional é o maior da América Latina, em termos de carga transportada, atingindo 162,2 bilhões de TKU (tonelada útil x quilômetro), em 2001”.

O modal ferroviário tem como características importantes a alta competitividade de transporte para grandes volumes e a longas distâncias, além de ser seguro, econômico e pouco poluente - neste caso, tem-se como opção o uso do biodiesel (CNT, 2009, p.9).

Figura 2.6: Eficiência energética entre os modais.



Fontes: MAC DOWELL (2007).

A Figura 2.6 apresenta a relação do modal ferroviário com os outros modais, no que diz respeito a sua eficiência energética. Nota-se a vantagem da modalidade ferroviária comparada à rodoviária, a qual predomina a matriz de transporte brasileira. Na utilização de um galão de combustível numa composição de trem, permite percorrer 374 quilômetros, em contrapartida, um caminhão percorre 109 km com o mesmo galão de combustível. Tal eficiência é justificada pelas características do modal ferroviário, devido à sua engenharia e na relação roda x trilho (FREDERICO, 2008 p. 111).

Este autor nota que modo ferroviário caracteriza-se por ser menos emissor de poluentes em comparação ao modal rodoviário, de acordo com a Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Emissão de poluentes por modal de transporte.

Modal	Hidrocarbonetos		CO		NOx	
	g/TKU	Relativo*	g/TKU	Relativo*	g/TKU	Relativo*
Aquaviário	0,3	1,0	0,6	1,0	1,5	1,0
Ferroviário	1,3	4,3	1,8	6,0	5,2	3,5
Rodoviário	1,8	6,0	5,4	9,0	28,7	19,1

Fonte: MAC DOWELL (2007).

Na Tabela 2.2, o autor observa também que o modal ferroviário emite 1,8 vez mais monóxido de carbono que o modal aquaviário, porém emite 3,0 vezes menos que o modal rodoviário.

3 MODELAGEM MATEMÁTICA NO TRANSPORTE DE AÇÚCAR

Este capítulo faz uma breve avaliação do mercado de açúcar, e analisa a abordagem de um estudo de caso focado ao transporte de açúcar, a partir de um modelo matemático aplicado a logística.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO MERCADO DE AÇÚCAR

Este tópico ressalta a importância do agronegócio para o Brasil, avalia a atuação do setor produtivo de açúcar nos mercados externo, interno e sua participação nas exportações.

3.1.1 AGRONEGÓCIO

Um dos principais setores da economia nacional é o agronegócio, sendo este de grande importância para o crescimento do país, correspondendo a 42% das exportações, 33% do PIB - Produto Interno Bruto e por 37% dos empregos no Brasil, segundo o MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2005, apud Uni-FACEF, 2006: p. 177).

O autor ainda cita que as inovações tecnológicas, permitiram ao setor adquirir vantagens competitivas devido ao aumento da produtividade na utilização dos fatores de produção, tais como terra fértil, condições naturais, disponibilidade de recursos e mão-de-obra. Atrelada ao baixo custo dos fatores de produção no país, tal produtividade trouxe um ganho de eficiência,

permitindo aos produtos agropecuários uma redução do impacto negativo dos preços declinantes.

3.1.2 ATUAÇÃO MUNDIAL

De acordo com a Uni-FACEF (2006, p. 180), a produção de açúcar no mundo pode ser proveniente de duas culturas: a cana-de-açúcar e a beterraba. Todavia a partir da cana-de-açúcar, a produção de açúcar corresponde mais de 80% da produção mundial, pelo fato de atribuir menores custos de produção. A produção mundial de açúcar na safra 2004 / 2005 totalizou cerca de 140 milhões de toneladas, representando um acréscimo de 8% em relação aos 130 milhões de toneladas produzidos na safra 2000 / 2001, segundo USDA - United States Department of Agriculture (2005). Conforme a Tabela 3.1, no período citado, os maiores produtores de açúcar foram: Brasil, União Européia, Índia, China, Estados Unidos, Tailândia, México e Austrália.

Tabela 3.1: Maiores Produtores Mundiais de Açúcar, em 1000 toneladas, para as safras de 2000 a 2004/2005.

	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Mundo	130.662	134.386	148.874	141.732	141.687
Brasil	17.100	20.400	23.810	26.400	28.370
União Européia	18.519	16.153	18.671	16.506	19.684
Índia	20.480	20.475	22.140	15.450	13.590
China	6.849	8.305	11.380	10.730	11.240
Estados Unidos	7.956	7.167	7.644	7.843	7.718
Tailândia	5.107	6.397	7.286	7.010	6.520
Austrália	4.162	4.662	5.461	4.994	5.500
México	5.220	5.169	5.229	5.330	5.690
Cuba	3.500	3.600	2.250	2.300	2.000
Filipinas	1.805	1.900	2.160	2.160	2.160

Fonte: USDA (2005).

3.1.3 MERCADO BRASILEIRO

Conforme a Uni-FACEF (2006, p. 176), o Brasil é maior produtor mundial de cana-de-açúcar do mundo, a qual é transformada em energia para consumo, tanto na forma de açúcar, como em combustível, sendo este uma fonte de energia renovável e menos poluente. O potencial energético de uma tonelada de cana-de-açúcar é correspondente a 1,2 barril de petróleo.

A produção de cana-de-açúcar traz inúmeros benefícios à economia brasileira, com a geração de açúcar e álcool para consumo interno e para o

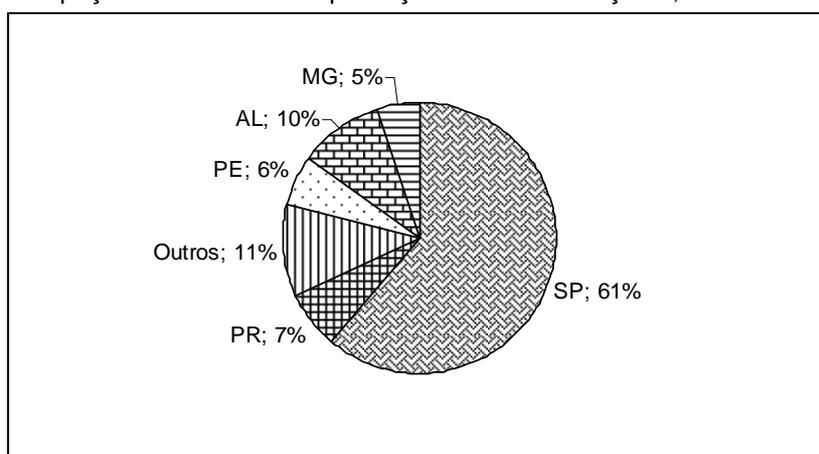
mercado externo. Sendo de grande importância na produção de alimentos, produtos químicos, plástico, papel e também no fornecimento de energia elétrica, segundo Caliento (2004, apud Uni-FACEF, 2006: p. 179).

Ele ressalta também que existe uma diferença significativa na produção de cana, açúcar e álcool no Brasil, comparada a outros países produtores, pois o plantio e a produção tornaram-se extensivos e contínuos devido às características do país, como o clima favorável e sua dimensão territorial. A cana-de-açúcar é plantada em duas regiões no Brasil: Centro-Sul e Norte-Nordeste. Com isso, possibilita-se a ocorrência de dois períodos de safra, o qual permite uma produção praticamente contínua, garantindo inclusive o abastecimento da frota automobilística nacional (UNICA, 2006).

O Brasil possui duas macro-regiões produtoras de açúcar e álcool: o Centro-Sul e o Norte-Nordeste, cujos níveis de produtividade, vocação e sazonalidades são distintos. A safra do Centro-Sul estende-se basicamente de maio a novembro e a do Norte-Nordeste, de setembro a fevereiro, facilitando o abastecimento interno e externo e implicando sazonalidade do transporte e necessidade de armazenamento (OLIVEIRA, 2005, p.20).

Oliveira (2005, p. 30) diz que a produção de açúcar no Brasil concentra-se na região Centro-Sul, principalmente no Estado de São Paulo, o qual corresponde a mais de 60% da produção no país, de acordo com a Figura 3.1.

Figura 3.1: Participação dos estados na produção nacional de açúcar, safra 2003/2004.

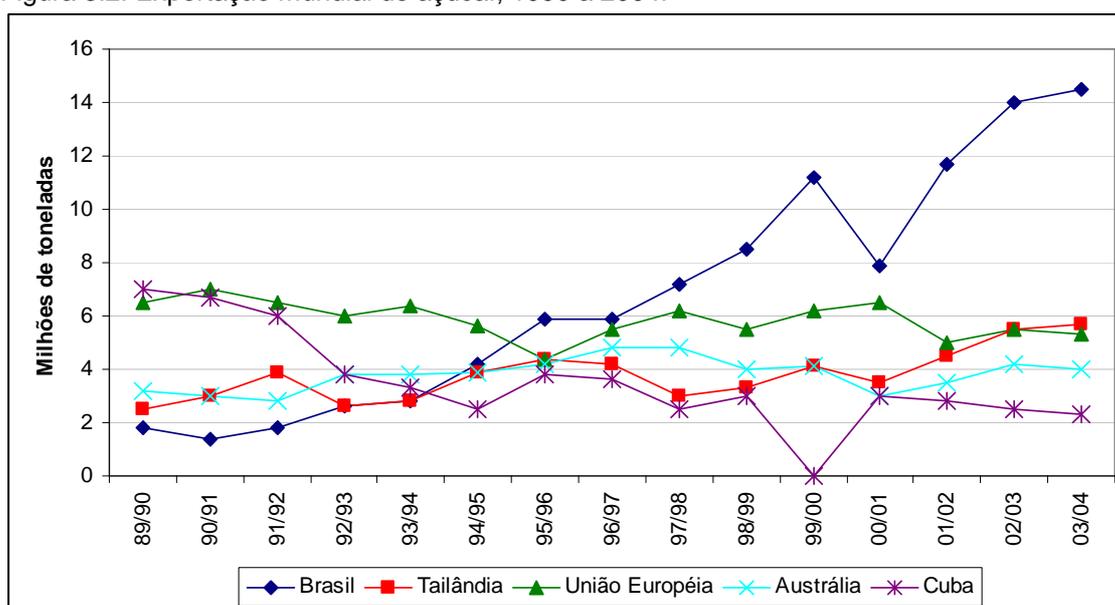


Fontes: UNICA (2005).

3.1.4 PARTICIPAÇÃO NAS EXPORTAÇÕES

De acordo com a UNICA (2004, apud Oliveira, 2005: p. 32), o Brasil detém, desde meados da década de 1990, o posto de maior exportador mundial de açúcar, como mostra a Figura 3.2, e com participação de aproximadamente 30% no comércio mundial. Os principais destinos das exportações de açúcar são os mercados dos Emirados Árabes, Rússia, Canadá, Nigéria, entre outros.

Figura 3.2: Exportação mundial de açúcar, 1990 a 2004.



Fontes: USDA (2004).

Conforme Veiga Filho (2000, apud Uni-FACEF, 2006: p. 179), o aumento das exportações de açúcar do Brasil, se deve a acontecimentos de ordem externa e interna. No âmbito externo, o país passou a ocupar nesse mercado o lugar de Cuba, devido ao final do acordo deste com a URSS - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas. De origem interna, a elevação se deve as exportações crescentes do Estado de São Paulo, favorecido pelo baixo custo de produção, comparado a outras regiões do Brasil e do mundo.

O custo de produção do açúcar brasileiro é o menor do mundo, graças ao clima adequado e à fertilidade da terra aliados às melhorias genéticas que permitem a obtenção de um alto teor de sacarose na planta, e também ao baixo custo relativo de mão-de-obra e terra (OLIVEIRA, 2005, p.34).

Segundo Oliveira (2005, p. 35), o açúcar é um dos produtos agrícolas mais subsidiados em várias nações. Os Estados Unidos, a União Europeia e o

Japão mantém os preços mínimos elevados de imposições de tarifas altas de importação e de subsídios à produção doméstica. Nesses países, os preços do açúcar atualmente, estão em níveis três vezes maiores que o preço do produto no mercado externo.

O crescente volume de açúcar para exportação gera um aumento na demanda por transporte, armazenagem e estruturas portuárias. Essa demanda é pressionada também pela produção de grãos que vem batendo recordes nos últimos anos e que geram necessidades por estruturas semelhantes (OLIVEIRA, 2005, p.38).

A autora ainda comenta que este crescimento é contrastante aos níveis de investimentos para melhorar e aumentar a capacidade de infra-estrutura de escoamento das mercadorias. E os investimentos, mesmo apresentando crescimento, ficam aquém do ideal, pois a diferença entre a oferta de estrutura para escoamento e o aumento da oferta de grãos e açúcar, podem ocasionar a elevação dos preços de fretes, taxas de armazenagem e tarifas portuárias, ou na pior das hipóteses, provocar um “apagão logístico¹”, em analogia a crise de energia elétrica ocorrida no Brasil em 2001.

3.2 ESTUDO DE CASO APLICANDO A MODELAGEM MATEMÁTICA

A partir dos conceitos da Pesquisa Operacional, este tópico avalia a aplicação de um estudo de caso relacionado ao transporte de açúcar, baseando-se na modelagem matemática através de planilhas eletrônicas, a fim de analisar os resultados da atuação de dois cenários propostos, buscando a alternativa mais economicamente viável.

3.2.1 CONCEITOS

Segundo Lachtermacher (2009, p. 1), a aplicação da modelagem matemática nos processos de tomada de decisão, através de planilhas eletrônicas e com o auxílio da ferramenta *Solver*, representa uma mudança de paradigma na maneira de pensar e tomar decisões relacionadas a problemas de negócios.

¹ Termo utilizado para indicar a falta de infra-estrutura logística para sustentar o aumento das exportações (OLIVEIRA, 2005; p.39).

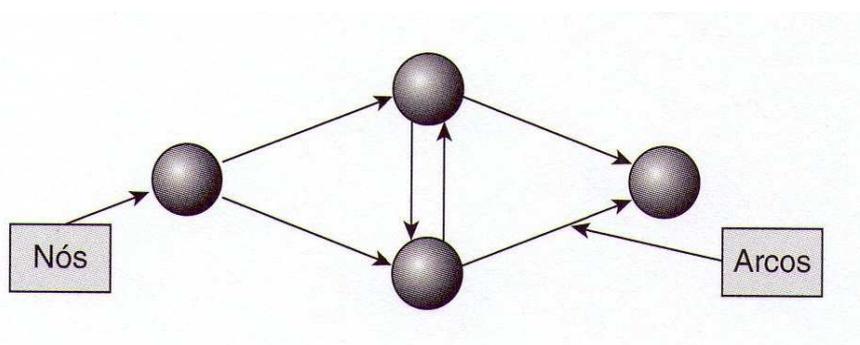
Este autor diz que em vários lugares no mundo, ocorre a escassez de um determinado produto ou matéria-prima em decorrência de dificuldades de produção, obtenção, entre outros fatores. Essas condições exigem que tais recursos sejam empregados de maneira mais eficiente e eficaz, com o objetivo de minimizar ou maximizar uma quantidade (custo, número de produtos, receita, lucro, entre outros) denominada de objetivo, o qual depende de um ou mais recursos escassos.

A área que estuda a otimização de recursos é denominada programação matemática. Nela, a quantidade a ser maximizada ou minimizada é descrita como uma função matemática dos recursos (variáveis de decisão) escassos. As relações entre as variáveis são formalizadas por meio de restrições ao problema expressas como equações e/ou inequações matemáticas (LACHTERMACHER, 2009, P.16).

O autor comenta que, em problemas especiais de programação linear, conhecidos como problemas em rede, podem ser mais bem analisados, através de representação gráfica. A modelagem em rede facilita a visualização das relações entre os componentes do sistema, melhorando a assimilação do problema e seus possíveis resultados. Por isso os modelos de rede têm sido bastante utilizados em diversas áreas, inclusive no mundo dos negócios.

Conforme a Figura 3.3, redes são diagramas formados por vértices ou nós ligados entre si através de um conjunto de arcos. Os nós são simbolizados por circunferências que representam os pontos de junção onde são conectados os arcos. Já os arcos são representados por setas, que conectam os nós e indicam a direção do fluxo de um a outro ponto (LACHTERMACHER, 2009, p. 118).

Figura 3.3: Componentes de uma rede.



Fontes: LACHTERMACHER (2009, p.118).

Para Lachtermacher (2009, p. 134) “[...] problemas que possuem várias fontes, centros consumidores e locais intermediários por onde os produtos simplesmente passam são denominados problemas de rede de distribuição”.

Ao analisar problemas de rede de distribuição, o autor observa também que as variáveis de decisão de um modelo serão os valores dos fluxos direcionados de um ponto a outro, e a função-objetivo será a minimização do custo. Outra forma de resolução é a utilização da regra do fluxo balanceado para cada nó da rede, resumida na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Regra do fluxo balanceado.

Hipótese do problema	Tipo de restrição para cada nó
Oferta > Demanda	Entradas – Saídas \geq Oferta ou demanda
Oferta < Demanda	Entradas – Saídas \leq Oferta ou demanda
Oferta = Demanda	Entradas – Saídas = Oferta ou demanda

Fonte: RANGSDALE (2001).

3.2.2 MODELO PROPOSTO

A função do modelo desenvolvido neste estudo de caso é encontrar as melhores rotas para o transporte de açúcar a granel, das usinas produtoras localizadas num raio de 100 quilômetros a partir de Piracicaba, com destino ao porto de Santos, de maneira que os custos de transporte sejam minimizados (OLIVEIRA, 2005, p. 77).

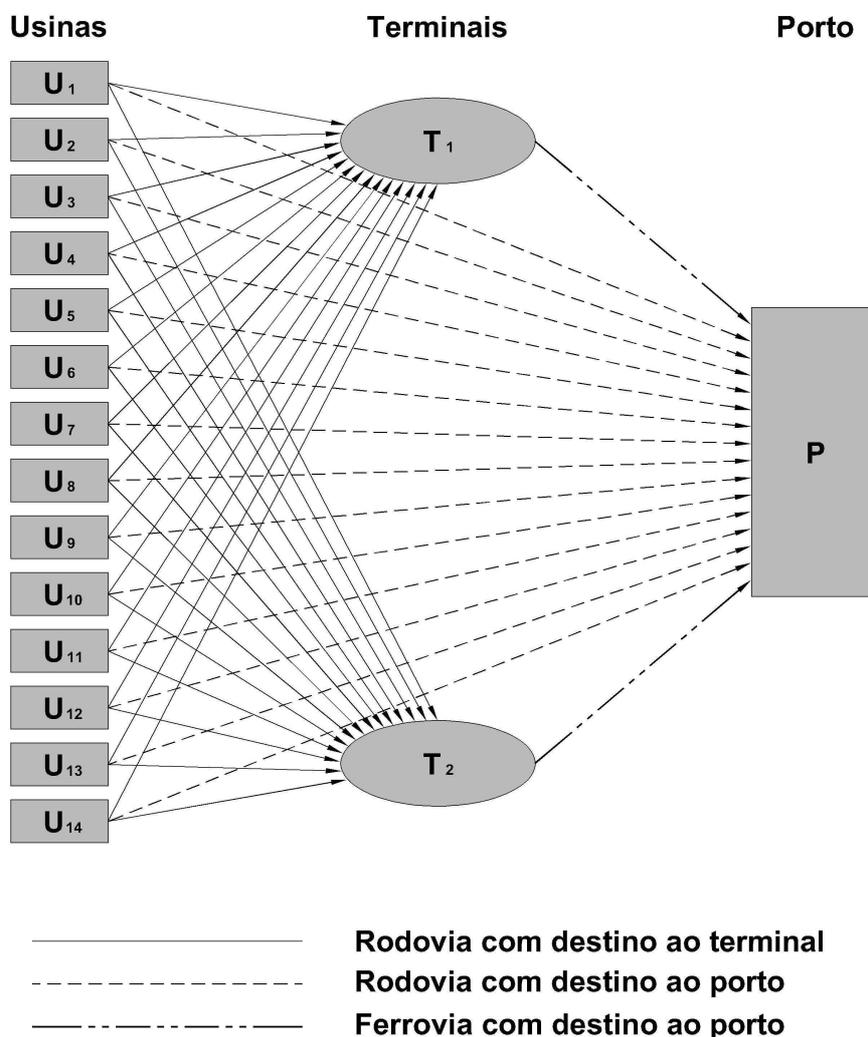
Conforme esta autora, a idéia geral é modelar matematicamente os fluxos de açúcar provenientes das usinas com destino a exportação. Essas mercadorias poderão seguir o caminho das usinas ao porto somente por caminhões ou também, por via rodoviária a um terminal intermediário e deste, transferi-las para outro modal de transporte, no caso o ferroviário. Desta forma, o objetivo desse modelo é determinar a trajetória das rotas no transporte de açúcar, a fim de se obter a minimização dos custos de transporte, em função das restrições impostas ao modelo.

3.2.3 DIAGRAMA REPRESENTATIVO

O diagrama apresentado pela Figura 3.4 é composta por 14 usinas (U), 2 terminais (T) e 1 porto (P), onde mostra as possibilidades de rotas para transportar o açúcar das usinas até o porto. Este modelo apresenta duas alternativas: transporte rodoviário direto para o porto ou transporte rodoviário

para um terminal seguido de transporte ferroviário para o porto (OLIVEIRA, 2005, p. 78).

Figura 3.4: Representação diagramática do modelo de possibilidades de rotas.



Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações de OLIVEIRA (2005, p.79).

3.2.4 MATERIAL E MÉTODO

O modelo a ser apresentado nesse estudo de caso refere-se à minimização de uma função-objetivo, que representa de forma simplificada os custos de transporte do açúcar produzido na região citada anteriormente para exportação. O objetivo da minimização é encontrar as melhores rotas para o transporte de açúcar das usinas com destino ao porto, que impliquem o menor custo total possível para movimentação destas mercadorias, segundo Oliveira (2005, p. 79).

Conforme a Unifor - Universidade de Fortaleza (2006, p. 189) e notícia divulgada pela FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (2008), uma grande companhia do setor sucroalcooleiro, estava disposta a ceder propriedade para a construção de um terminal ferroviário, com localização no distrito de Taquaral em Piracicaba, mediante a reativação do ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa (bitola larga).

Partindo desse pressuposto, sem levar em consideração os investimentos para reativação de trecho ferroviário e construção de terminal, será considerada a atuação do terminal de Piracicaba (proposto) na modelagem dos cenários, juntamente com as demais opções, a fim de encontrar alternativas que proporcionem menores custos de transporte.

Portanto, será realizada uma análise das possibilidades de rotas para o transporte de açúcar das usinas ao porto, descritas em dois cenários com base nos dados abaixo:

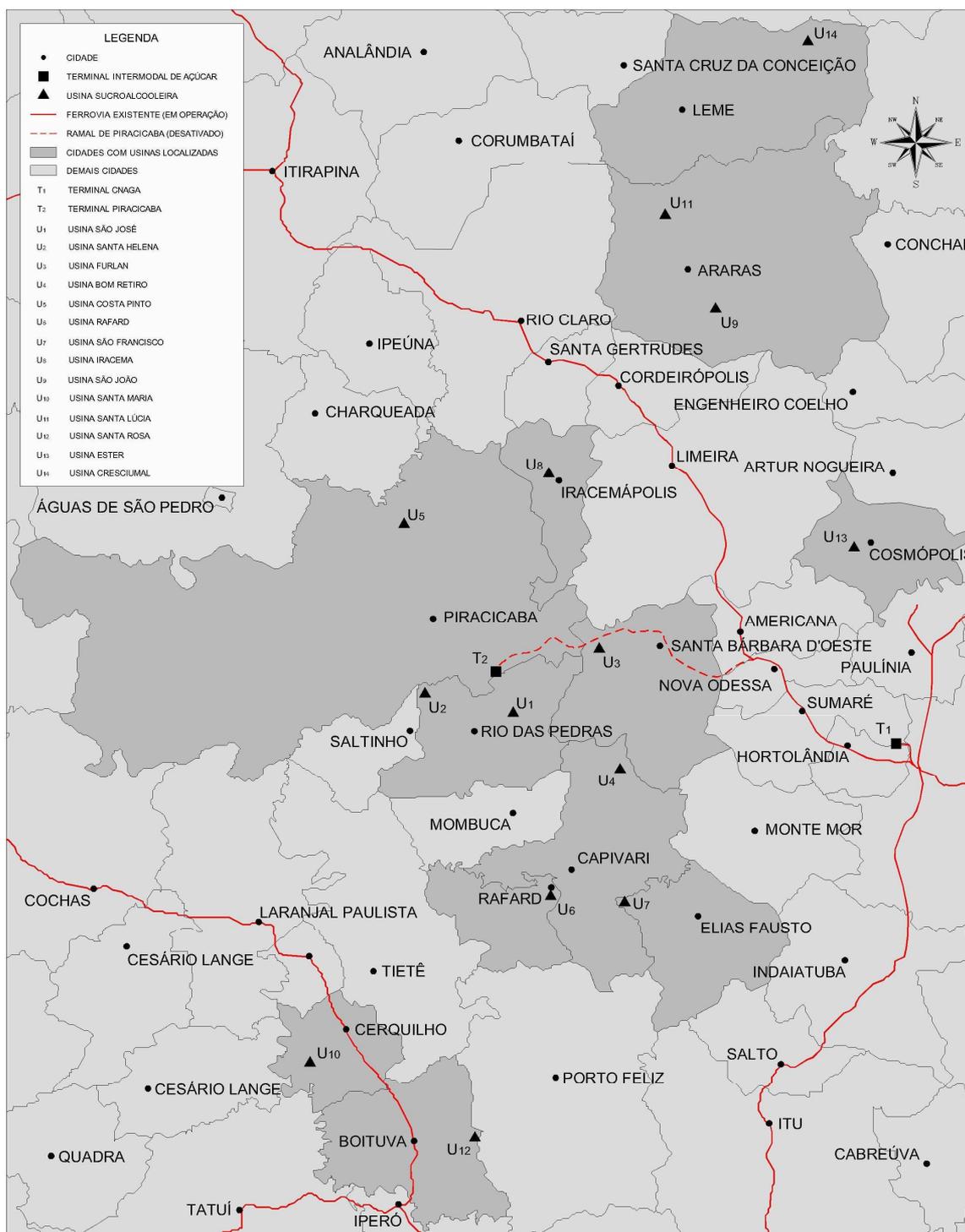
Tabela 3.3: Produção de açúcar em usinas localizadas num raio de 100 km a partir de Piracicaba.

Localização		Produção de Açúcar (t)	
Usina	Cidade	Safra 2008/2009	Safra Exportação ²
São José	Rio das Pedras	92.943,000	61.481,795
Santa Helena	Rio das Pedras	199.481,000	131.956,682
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	116.998,000	77.394,177
Bom Retiro	Capivari	97.924,000	64.776,726
Costa Pinto	Piracicaba	311.705,000	206.192,858
Rafard	Rafard	189.226,000	125.172,999
São Francisco	Elias Fausto	168.936,000	111.751,164
Iracema	Iracemópolis	109.461,000	72.408,452
São João	Araras	210.850,000	139.477,275
Santa Maria	Cerquilha	78.014,000	51.606,261
Santa Lúcia	Araras	64.215,000	42.478,223
Santa Rosa	Boituva	38.212,000	25.277,238
Ester	Cosmópolis	107.750,000	71.276,625
Cresciumal	Leme	127.834,000	84.562,191
TOTAL		1.913.549,000	1.265.812,664

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações da UNICA (2010) e GOOGLE MAPS (2010).

² Valores atribuídos para efeito de cálculo, correspondente a 66,15% da safra produzida pelas usinas citadas. Percentual referente à relação da exportação com a produção da Safra 2008/2009 na região Centro-Sul do Brasil, de acordo com a UNICA (2010).

Figura 3.5: Localização das usinas produtoras de açúcar num raio de 100 km a partir de Piracicaba.



Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações da UNICA (2010) e GOOGLE MAPS (2010).

Tabela 3.4: Composição de Custo de Transporte para açúcar.

Rotas	Custos
Rodoviário direto	Custo frete rodoviário
Rodo-ferroviário	Custo frete rodoviário + custo frete ferroviário + custo transbordo

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações de OLIVEIRA (2005).

3.2.4.1 CENÁRIO A

O Cenário A, consiste na modelagem de dados referentes aos custos atuais de frete rodoviário, frete ferroviário e de transbordo, com as seguintes possibilidades:

- Transporte rodoviário das usinas direto para o porto; ou
- Transporte rodoviário das usinas para o terminal de Sumaré (existente), seguido de transporte ferroviário para o porto; ou ainda
- Transporte rodoviário das usinas para o terminal de Piracicaba (proposto), seguido de transporte ferroviário para o porto.

Tabela 3.5: Custos e índices de frete rodoviário para o transporte de açúcar.³

1 a 30 km	31 a 100 km	101 a 280 km
8,00 R\$/t	0,2243 R\$/t.km + 40%	0,2243 R\$/t.km

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações do SIFRECA (2010).

Tabela 3.6: Custos de frete ferroviário para o transporte de açúcar.⁴

Situação atual	
275 km	330 km
35,00 R\$/t	42,00 R\$/t

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações da ALL (2010).

Tabela 3.7: Custos de transbordo para açúcar.⁵

Situação atual
6,40 R\$/t

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações da CNAGA (2010).

³ Índice de frete rodoviário atual referente à rota Rafard - Santos. Período: 21/08/2010 a 24/09/2010 para açúcar em *big-bags* de 1.200 kg, sacas de 50 kg, fardos de 30 kg e a granel, (SIFRECA, 2010). Aplicado em percurso rodoviário de 101 a 280 km.

Para rotas com percurso rodoviário inferior a 30 quilômetros, atribuiu-se um valor fixo de frete rodoviário correspondente a 8,00 R\$/t. Nos trajetos de 31 a 100 km, com origem nas usinas e destino aos terminais intermediários (pontas rodoviárias), estipulou-se um acréscimo de 40% no valor do frete rodoviário. Valor e percentual definido pelo autor, a partir de discussões sobre o tema em sala de aula.

⁴ Custo de frete ferroviário atual para açúcar, referente à ALLMP - América Latina Logística Malha Paulista, em percurso ferroviário com origem no terminal CNAGA em Sumaré e destino ao porto de Santos. Valor obtido através de contato telefônico com a empresa concessionária de transporte ferroviário da região, (ALL, 2010).

Custo de frete ferroviário para açúcar aplicado ao terminal de Piracicaba (proposto), determinado pela proporção da quilometragem em relação aos dados do terminal CNAGA em Sumaré (Cenário A).

⁵ Custo de transbordo atual aplicado ao terminal CNAGA em Sumaré, sendo também considerado ao terminal de Piracicaba (proposto). Valor obtido através de contato telefônico com a empresa, (CNAGA, 2010).

Tabela 3.8: Rotas e fretes para o transporte de açúcar - Cenário A (terminal Piracicaba x terminal Sumaré x rodoviário direto) - Situação atual.

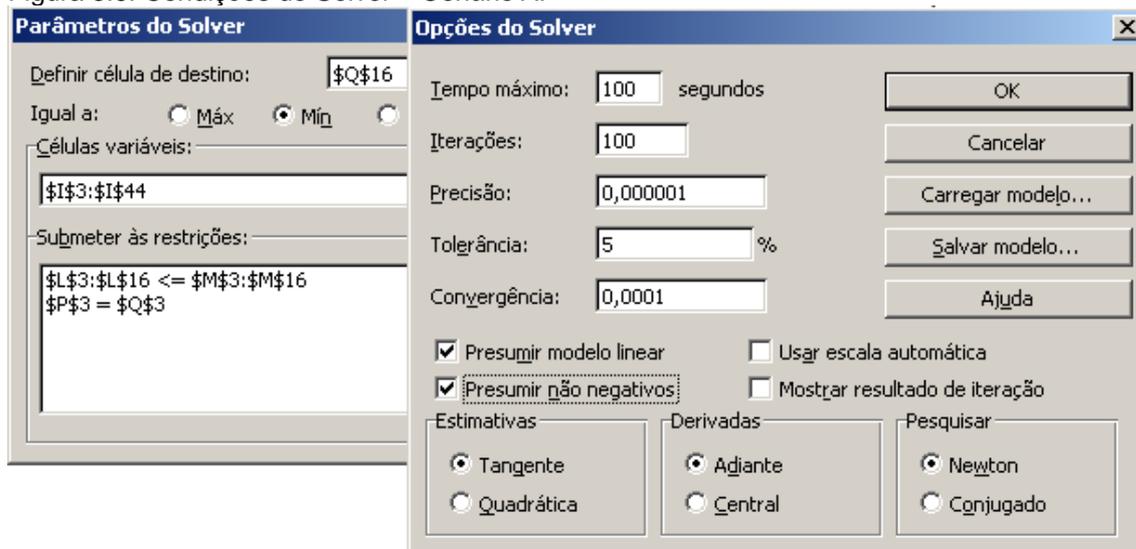
Origem		Destino		Modal	Distância km	Frete	
Usina / Terminal	Cidade	Terminal / Porto	Cidade			R\$/t.km	R\$/t
São José	Rio das Pedras	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	6	0,2243	8,00
São José	Rio das Pedras	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	65	0,2243	20,41
São José	Rio das Pedras	Teaçu	Santos	Rodoviário	226	0,2243	50,69
Santa Helena	Rio das Pedras	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	12	0,2243	8,00
Santa Helena	Rio das Pedras	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	67	0,2243	21,04
Santa Helena	Rio das Pedras	Teaçu	Santos	Rodoviário	240	0,2243	53,83
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	22	0,2243	8,00
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	39	0,2243	12,25
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Teaçu	Santos	Rodoviário	212	0,2243	47,55
Bom Retiro	Capivari	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	23	0,2243	8,00
Bom Retiro	Capivari	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	46	0,2243	14,44
Bom Retiro	Capivari	Teaçu	Santos	Rodoviário	226	0,2243	50,69
Costa Pinto	Piracicaba	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	23	0,2243	8,00
Costa Pinto	Piracicaba	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	70	0,2243	21,98
Costa Pinto	Piracicaba	Teaçu	Santos	Rodoviário	242	0,2243	54,28
Rafard	Rafard	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	31	0,2243	9,73
Rafard	Rafard	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	67	0,2243	21,04
Rafard	Rafard	Teaçu	Santos	Rodoviário	211	0,2243	47,33
São Francisco	Elias Fausto	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	32	0,2243	10,05
São Francisco	Elias Fausto	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	68	0,2243	21,35
São Francisco	Elias Fausto	Teaçu	Santos	Rodoviário	204	0,2243	45,76
Iracema	Iracemópolis	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	32	0,2243	10,05
Iracema	Iracemópolis	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	63	0,2243	19,78
Iracema	Iracemópolis	Teaçu	Santos	Rodoviário	244	0,2243	54,73
São João	Araras	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	57	0,2243	17,90
São João	Araras	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	63	0,2243	19,78
São João	Araras	Teaçu	Santos	Rodoviário	242	0,2243	54,28
Santa Maria	Cerquillo	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	60	0,2243	18,84
Santa Maria	Cerquillo	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	102	0,2243	32,03
Santa Maria	Cerquillo	Teaçu	Santos	Rodoviário	220	0,2243	49,35
Santa Lúcia	Araras	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	64	0,2243	20,10
Santa Lúcia	Araras	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	70	0,2243	21,98
Santa Lúcia	Araras	Teaçu	Santos	Rodoviário	249	0,2243	55,85
Santa Rosa	Boituva	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	76	0,2243	23,87
Santa Rosa	Boituva	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	97	0,2243	30,46
Santa Rosa	Boituva	Teaçu	Santos	Rodoviário	196	0,2243	43,96
Ester	Cosmópolis	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	83	0,2243	26,06
Ester	Cosmópolis	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	35	0,2243	10,99
Ester	Cosmópolis	Teaçu	Santos	Rodoviário	217	0,2243	48,67
Cresciunial	Leme	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	93	0,2243	29,20
Cresciunial	Leme	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	99	0,2243	31,09
Cresciunial	Leme	Teaçu	Santos	Rodoviário	278	0,2243	62,36
Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	Ferrovário	330	-	42,00
CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	Ferrovário	275	-	35,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações da SIFRECA (2010), ALL (2010) e GOOGLE MAPS (2010).

3.2.4.1.1 MODELAGEM - CENÁRIO A

Esta etapa consiste na modelagem do Cenário A, a partir da inserção dos dados listados acima em planilhas de Excel. Feita a modelagem, faz-se necessário estabelecer os parâmetros e as opções do *Solver* de acordo com a Figura 3.6, em seguida otimizar o modelo (solução), conforme Figura 3.7, segundo Lachtermacher (2009, p. 137).

Figura 3.6: Condições do Solver – Cenário A.



Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009, p.140).

Figura 3.7: Modelagem da rede e solução ótima – Cenário A.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Origem		Destino		Distância	Frete		Custo Intermodal	Variáveis	Custo Rota		Oferta	Safra Exportação	Safra 2008/2009		Demanda		
2	Usina	Cidade	Terminal	Cidade	km	R\$/t.km	R\$/t	R\$/t	t	R\$								
3	São José	Rio das Pedras	Piracicaba	Piracicaba	6	0,2243	8,00	56,40	0,000	R\$ -		61.481,795	61.481,795	92.943,000		1.265.812,664	1.265.812,664	
4	Santa Helena	Rio das Pedras	Piracicaba	Piracicaba	12	0,2243	8,00	56,40	0,000	R\$ -		131.956,682	131.956,682	199.481,000				
5	Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Piracicaba	Piracicaba	22	0,2243	8,00	56,40	0,000	R\$ -		77.394,177	77.394,177	116.998,000				
6	Bom Retiro	Capivari	Piracicaba	Piracicaba	23	0,2243	8,00	56,40	0,000	R\$ -		64.776,726	64.776,726	97.924,000				
7	Costa Pinto	Piracicaba	Piracicaba	Piracicaba	23	0,2243	8,00	56,40	0,000	R\$ -		206.192,858	206.192,858	311.705,000				
8	Rafard	Rafard	Piracicaba	Piracicaba	31	0,2243	9,73	58,13	0,000	R\$ -		125.172,999	125.172,999	189.226,000				
9	São Francisco	Elias Fausto	Piracicaba	Piracicaba	32	0,2243	10,05	58,45	0,000	R\$ -		111.751,164	111.751,164	168.936,000				
10	Iracema	Iracemópolis	Piracicaba	Piracicaba	32	0,2243	10,05	58,45	0,000	R\$ -		72.408,452	72.408,452	109.461,000				
11	São João	Araras	Piracicaba	Piracicaba	57	0,2243	17,90	66,30	0,000	R\$ -		139.477,275	139.477,275	210.850,000				
12	Santa Maria	Cerquillo	Piracicaba	Piracicaba	60	0,2243	18,84	67,24	0,000	R\$ -		51.606,261	51.606,261	78.014,000				
13	Santa Lúcia	Araras	Piracicaba	Piracicaba	64	0,2243	20,10	68,50	0,000	R\$ -		42.478,223	42.478,223	64.215,000				
14	Santa Rosa	Boituva	Piracicaba	Piracicaba	76	0,2243	23,87	72,27	0,000	R\$ -		25.277,238	25.277,238	38.212,000				
15	Ester	Cosmópolis	Piracicaba	Piracicaba	83	0,2243	26,06	74,46	0,000	R\$ -		71.276,625	71.276,625	107.750,000				
16	Cresciumal	Leme	Piracicaba	Piracicaba	93	0,2243	29,20	77,60	0,000	R\$ -		84.562,191	84.562,191	127.834,000		Custo Total	R\$ 65.719.962,67	
17	São José	Rio das Pedras	CNAGA	Sumaré	65	0,2243	20,41	61,81	0,000	R\$ -								
18	Santa Helena	Rio das Pedras	CNAGA	Sumaré	67	0,2243	21,04	62,44	0,000	R\$ -								
19	Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	CNAGA	Sumaré	39	0,2243	12,25	53,65	0,000	R\$ -								
20	Bom Retiro	Capivari	CNAGA	Sumaré	46	0,2243	14,44	55,84	0,000	R\$ -								
21	Costa Pinto	Piracicaba	CNAGA	Sumaré	70	0,2243	21,98	63,38	0,000	R\$ -								
22	Rafard	Rafard	CNAGA	Sumaré	67	0,2243	21,04	62,44	0,000	R\$ -								
23	São Francisco	Elias Fausto	CNAGA	Sumaré	68	0,2243	21,35	62,75	0,000	R\$ -								
24	Iracema	Iracemópolis	CNAGA	Sumaré	63	0,2243	19,78	61,18	0,000	R\$ -								
25	São João	Araras	CNAGA	Sumaré	63	0,2243	19,78	61,18	0,000	R\$ -								
26	Santa Maria	Cerquillo	CNAGA	Sumaré	102	0,2243	32,03	73,43	0,000	R\$ -								
27	Santa Lúcia	Araras	CNAGA	Sumaré	70	0,2243	21,98	63,38	0,000	R\$ -								
28	Santa Rosa	Boituva	CNAGA	Sumaré	97	0,2243	30,46	71,86	0,000	R\$ -								
29	Ester	Cosmópolis	CNAGA	Sumaré	35	0,2243	10,99	52,39	0,000	R\$ -								
30	Cresciumal	Leme	CNAGA	Sumaré	99	0,2243	31,09	72,49	0,000	R\$ -								
31	São José	Rio das Pedras	Teaçu	Santos	226	0,2243	50,69	-	61.481,795	R\$ 3.116.622,83								
32	Santa Helena	Rio das Pedras	Teaçu	Santos	240	0,2243	53,83	-	131.956,682	R\$ 7.103.492,08								
33	Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Teaçu	Santos	212	0,2243	47,55	-	77.394,177	R\$ 3.680.216,95								
34	Bom Retiro	Capivari	Teaçu	Santos	226	0,2243	50,69	-	64.776,726	R\$ 3.283.648,84								
35	Costa Pinto	Piracicaba	Teaçu	Santos	242	0,2243	54,28	-	206.192,858	R\$ 11.192.272,02								
36	Rafard	Rafard	Teaçu	Santos	211	0,2243	47,33	-	125.172,999	R\$ 5.924.100,08								
37	São Francisco	Elias Fausto	Teaçu	Santos	204	0,2243	45,76	-	111.751,164	R\$ 5.113.420,36								
38	Iracema	Iracemópolis	Teaçu	Santos	244	0,2243	54,73	-	72.408,452	R\$ 3.962.856,62								
39	São João	Araras	Teaçu	Santos	242	0,2243	54,28	-	139.477,275	R\$ 7.570.910,17								
40	Santa Maria	Cerquillo	Teaçu	Santos	220	0,2243	49,35	-	51.606,261	R\$ 2.546.562,56								
41	Santa Lúcia	Araras	Teaçu	Santos	249	0,2243	55,85	-	42.478,223	R\$ 2.372.438,46								
42	Santa Rosa	Boituva	Teaçu	Santos	196	0,2243	43,96	-	25.277,238	R\$ 1.111.258,16								
43	Ester	Cosmópolis	Teaçu	Santos	217	0,2243	48,67	-	71.276,625	R\$ 3.469.254,30								
44	Cresciumal	Leme	Teaçu	Santos	278	0,2243	62,36	-	84.562,191	R\$ 5.272.909,24								
45																		
46		Origem	Destino	Distância	Frete					Transbordo								
47		Terminal	Cidade	Porto	Cidade	km	R\$/t.km	R\$/t		R\$/t								
48		Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	330	-	42,00		6,40								
49		CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	275	-	35,00										
50																		

Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009, p.139).

3.2.4.1.2 RESULTADO - CENÁRIO A

Tabela 3.9: Resultado - Cenário A.

Origem		Modalidade	Pré-Destino		Destino		Custo Rota	Captação de Carga (t)		
Usina	Cidade		Terminal	Cidade	Porto	Cidade		Santos (direto)	Santos (via Sumaré)	Santos (via Piracicaba)
São José	Rio das Pedras	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 3.116.622,83	61.481,795	-	-
Santa Helena	Rio das Pedras	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 7.103.492,08	131.956,682	-	-
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 3.680.216,95	77.394,177	-	-
Bom Retiro	Capivari	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 3.283.648,84	64.776,726	-	-
Costa Pinto	Piracicaba	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 11.192.272,02	206.192,858	-	-
Rafard	Rafard	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 5.924.100,08	125.172,999	-	-
São Francisco	Elias Fausto	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 5.113.420,36	111.751,164	-	-
Iracema	Iracemápolis	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 3.962.856,62	72.408,452	-	-
São João	Araras	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 7.570.910,17	139.477,275	-	-
Santa Maria	Cerquilha	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 2.546.562,56	51.606,261	-	-
Santa Lúcia	Araras	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 2.372.438,46	42.478,223	-	-
Santa Rosa	Boituva	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 1.111.258,16	25.277,238	-	-
Ester	Cosmópolis	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 3.469.254,30	71.276,625	-	-
Cresciumal	Leme	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 5.272.909,24	84.562,191	-	-
TOTAL							R\$ 65.719.962,67	1.265.812,664	0,000	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009).

De acordo com os resultados da Tabela 3.9, relacionados a custos de transporte, o Cenário A (situação atual), segundo a Figura 3.7 apresentou como sendo a alternativa de transporte mais viável para o açúcar produzido pelas usinas citadas, a opção Transporte rodoviário das usinas direto para o porto, inviabilizando completamente todas as opções de rotas rodo-ferroviárias.

Isso se deve ao fato das distâncias entre as usinas e o porto serem inferiores a 500 quilômetros, pois nessas distâncias os custos de frete rodoviário tornam-se mais baratos que os praticados pelo modal ferroviário. Além do transporte rodo-ferroviário ter essa desvantagem, acrescentam-se ao montante custos referentes às operações de transbordo de mercadorias nos terminais intermodais e também custos de frete das “pontas rodoviárias” que são superiores aos das rotas rodoviárias diretas ao porto.

3.2.4.2 CENÁRIO B

Mediante ao resultado do Cenário A (situação atual) que mostrou ser inviável o transporte de açúcar pela modalidade rodo-ferroviária, o Cenário B (situação proposta) consiste na modelagem de dados considerando hipoteticamente uma redução de 37,5% nos custos de frete ferroviário e de transbordo, com as seguintes possibilidades:

- Transporte rodoviário das usinas direto para o porto; ou
- Transporte rodoviário das usinas para o terminal de Sumaré (existente), seguido de transporte ferroviário para o porto; ou ainda
- Transporte rodoviário das usinas para o terminal de Piracicaba (proposto), seguido de transporte ferroviário para o porto.

Tabela 3.10: Custos e índices de frete rodoviário para o transporte de açúcar.⁶

1 a 30 km	31 a 100 km	101 a 280 km
8,00 R\$/t	0,2243 R\$/t.km + 40%	0,2243 R\$/t.km

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações do SIFRECA (2010).

Tabela 3.11: Custos de frete ferroviário para o transporte de açúcar.⁷

Situação proposta	
275 km	330 km
21,875 R\$/t	26,25 R\$/t

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações da ALL (2010).

Tabela 3.12: Custos de transbordo para açúcar.⁸

Situação proposta
4,00 R\$/t

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações da CNAGA (2010).

Tabela 3.13: Rotas e fretes para o transporte de açúcar - Cenário B (terminal Piracicaba x terminal Sumaré x rodoviário direto) - Situação proposta com redução dos custos de frete ferroviário e transbordo.

Origem		Destino		Modal	Distância km	Frete	
Usina / Terminal	Cidade	Terminal / Porto	Cidade			R\$/t.km	R\$/t
São José	Rio das Pedras	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	6	0,2243	8,00
São José	Rio das Pedras	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	65	0,2243	20,41
São José	Rio das Pedras	Teaçu	Santos	Rodoviário	226	0,2243	50,69
Santa Helena	Rio das Pedras	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	12	0,2243	8,00
Santa Helena	Rio das Pedras	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	67	0,2243	21,04
Santa Helena	Rio das Pedras	Teaçu	Santos	Rodoviário	240	0,2243	53,83
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	22	0,2243	8,00
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	39	0,2243	12,25
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Teaçu	Santos	Rodoviário	212	0,2243	47,55
Bom Retiro	Capivari	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	23	0,2243	8,00
Bom Retiro	Capivari	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	46	0,2243	14,44
Bom Retiro	Capivari	Teaçu	Santos	Rodoviário	226	0,2243	50,69

⁶ Índice de frete rodoviário atual referente à rota Rafard - Santos. Período: 21/08/2010 a 24/09/2010 para açúcar em *big-bags* de 1.200 kg, sacas de 50 kg, fardos de 30 kg e a granel, (SIFRECA, 2010). Aplicado em percurso rodoviário de 101 a 280 km.

Para rotas com percurso rodoviário inferior a 30 quilômetros, atribuiu-se um valor fixo de frete rodoviário correspondente a 8,00 R\$/t. Nos trajetos de 31 a 100 km, com origem nas usinas e destino aos terminais intermediários (pontas rodoviárias), estipulou-se um acréscimo de 40% no valor do frete rodoviário. Valor e percentual definido pelo autor, a partir de discussões sobre o tema em sala de aula.

⁷ Custo de frete ferroviário hipotético para açúcar, referente à ALLMP - América Latina Logística Malha Paulista, em percurso ferroviário com origem no terminal CNAGA em Sumaré e destino ao porto de Santos.

Custo hipotético de frete ferroviário para açúcar aplicado ao terminal de Piracicaba (proposto), determinado pela proporção da quilometragem em relação aos dados do terminal CNAGA em Sumaré (Cenário B).

Valores atribuídos para efeito de cálculo, considerando a hipótese de redução de 37,5% nos custos de frete rodoviário aplicados no Cenário A, correspondendo a uma redução mínima suficiente para favorecer o transporte de açúcar em rotas rodo-ferroviária.

⁸ Custo de transbordo hipotético aplicado ao terminal CNAGA em Sumaré, sendo também considerado ao terminal de Piracicaba (proposto).

Valores atribuídos para efeito de cálculo, considerando a hipótese de redução de 37,5% no custo de transbordo aplicado no Cenário A, correspondendo a uma redução mínima suficiente para favorecer o transporte de açúcar em rotas rodo-ferroviárias.

Costa Pinto	Piracicaba	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	23	0,2243	8,00
Costa Pinto	Piracicaba	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	70	0,2243	21,98
Costa Pinto	Piracicaba	Teaçu	Santos	Rodoviário	242	0,2243	54,28
Rafard	Rafard	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	31	0,2243	9,73
Rafard	Rafard	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	67	0,2243	21,04
Rafard	Rafard	Teaçu	Santos	Rodoviário	211	0,2243	47,33
São Francisco	Elias Fausto	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	32	0,2243	10,05
São Francisco	Elias Fausto	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	68	0,2243	21,35
São Francisco	Elias Fausto	Teaçu	Santos	Rodoviário	204	0,2243	45,76
Iracema	Iracemópolis	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	32	0,2243	10,05
Iracema	Iracemópolis	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	63	0,2243	19,78
Iracema	Iracemópolis	Teaçu	Santos	Rodoviário	244	0,2243	54,73
São João	Araras	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	57	0,2243	17,90
São João	Araras	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	63	0,2243	19,78
São João	Araras	Teaçu	Santos	Rodoviário	242	0,2243	54,28
Santa Maria	Cerquillo	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	60	0,2243	18,84
Santa Maria	Cerquillo	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	102	0,2243	32,03
Santa Maria	Cerquillo	Teaçu	Santos	Rodoviário	220	0,2243	49,35
Santa Lúcia	Araras	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	64	0,2243	20,10
Santa Lúcia	Araras	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	70	0,2243	21,98
Santa Lúcia	Araras	Teaçu	Santos	Rodoviário	249	0,2243	55,85
Santa Rosa	Boituva	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	76	0,2243	23,87
Santa Rosa	Boituva	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	97	0,2243	30,46
Santa Rosa	Boituva	Teaçu	Santos	Rodoviário	196	0,2243	43,96
Ester	Cosmópolis	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	83	0,2243	26,06
Ester	Cosmópolis	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	35	0,2243	10,99
Ester	Cosmópolis	Teaçu	Santos	Rodoviário	217	0,2243	48,67
Cresciunial	Leme	Piracicaba	Piracicaba	Rodoviário	93	0,2243	29,20
Cresciunial	Leme	CNAGA	Sumaré	Rodoviário	99	0,2243	31,09
Cresciunial	Leme	Teaçu	Santos	Rodoviário	278	0,2243	62,36
Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	Ferrovário	330	-	26,25
CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	Ferrovário	275	-	21,875

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações da SIFRECA (2010), ALL (2010) e GOOGLE MAPS (2010).

3.2.4.2.1 MODELAGEM - CENÁRIO B

Esta etapa consiste na modelagem do Cenário B, a partir da inserção dos dados listados acima em planilhas de Excel. Feita a modelagem, faz-se necessário estabelecer os parâmetros e as opções do *Solver* de acordo com a Figura 3.8, em seguida otimizar o modelo (solução), conforme Figura 3.9, segundo Lachtermacher (2009, p. 137).

Figura 3.8: Condições do Solver – Cenário B.

Parâmetros do Solver	Opções do Solver
Definir célula de destino: <input type="text" value="\$Q\$16"/>	Tempo máximo: <input type="text" value="100"/> segundos
Igual a: <input type="radio"/> Máx <input checked="" type="radio"/> Mín <input type="radio"/>	Iterações: <input type="text" value="100"/>
Células variáveis: <input type="text" value="\$I\$3:\$I\$44"/>	Precisão: <input type="text" value="0,000001"/>
Submeter às restrições: \$L\$3:\$L\$16 <= \$M\$3:\$M\$16 \$P\$3 = \$Q\$3	Tolerância: <input type="text" value="5"/> %
	Convergência: <input type="text" value="0,0001"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Presumir modelo linear <input type="checkbox"/> Usar escala automática
	<input checked="" type="checkbox"/> Presumir não negativos <input type="checkbox"/> Mostrar resultado de iteração
	Estimativas: <input checked="" type="radio"/> Tangente <input type="radio"/> Quadrática
	Derivadas: <input checked="" type="radio"/> Adjante <input type="radio"/> Central
	Pesquisar: <input checked="" type="radio"/> Newton <input type="radio"/> Conjugado
	OK
	Cancelar
	Carregar modelo...
	Salvar modelo...
	Ajuda

Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009, p.140).

Figura 3.9: Modelagem da rede e solução ótima – Cenário B.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Origem		Destino		Distância	Frete		Custo Intermodal	Variáveis	Custo Rota		Oferta	Safra Exportação	Safra 2008/2009		Demanda		
2	Usina	Cidade	Terminal	Cidade	km	R\$/t.km	R\$/t	R\$/t	t	R\$								
3	São José	Rio das Pedras	Piracicaba	Piracicaba	6	0,2243	8,00	38,25	61.481,795	R\$ 2.351.678,64		61.481,795	61.481,795	92.943,000		1.265.812,664	1.265.812,664	
4	Santa Helena	Rio das Pedras	Piracicaba	Piracicaba	12	0,2243	8,00	38,25	131.956,682	R\$ 5.047.343,07		131.956,682	131.956,682	199.481,000				
5	Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Piracicaba	Piracicaba	22	0,2243	8,00	38,25	0,000	R\$ -		77.394,177	77.394,177	116.998,000				
6	Bom Retiro	Capivari	Piracicaba	Piracicaba	23	0,2243	8,00	38,25	64.776,726	R\$ 2.477.709,77		64.776,726	64.776,726	97.924,000				
7	Costa Pinto	Piracicaba	Piracicaba	Piracicaba	23	0,2243	8,00	38,25	206.192,858	R\$ 7.886.876,80		206.192,858	206.192,858	311.705,000				
8	Rafard	Rafard	Piracicaba	Piracicaba	31	0,2243	9,73	39,98	125.172,999	R\$ 5.004.994,80		125.172,999	125.172,999	189.226,000				
9	São Francisco	Elias Fausto	Piracicaba	Piracicaba	32	0,2243	10,05	40,30	111.751,164	R\$ 4.503.419,93		111.751,164	111.751,164	168.936,000				
10	Iracema	Iracemópolis	Piracicaba	Piracicaba	32	0,2243	10,05	40,30	72.408,452	R\$ 2.917.962,12		72.408,452	72.408,452	109.461,000				
11	São João	Araras	Piracicaba	Piracicaba	57	0,2243	17,90	48,15	0,000	R\$ -		139.477,275	139.477,275	210.850,000				
12	Santa Maria	Cerquillo	Piracicaba	Piracicaba	60	0,2243	18,84	49,09	51.606,261	R\$ 2.533.413,28		51.606,261	51.606,261	78.014,000				
13	Santa Lúcia	Araras	Piracicaba	Piracicaba	64	0,2243	20,10	50,35	0,000	R\$ -		42.478,223	42.478,223	64.215,000				
14	Santa Rosa	Boituva	Piracicaba	Piracicaba	76	0,2243	23,87	54,12	0,000	R\$ -		25.277,238	25.277,238	38.212,000				
15	Ester	Cosmópolis	Piracicaba	Piracicaba	83	0,2243	28,06	56,31	0,000	R\$ -		71.276,625	71.276,625	107.750,000				
16	Cresciumal	Leme	Piracicaba	Piracicaba	93	0,2243	29,20	59,45	0,000	R\$ -		84.562,191	84.562,191	127.834,000		Custo Total	R\$ 52.630.781,91	
17	São José	Rio das Pedras	CNAGA	Sumaré	65	0,2243	20,41	46,29	0,000	R\$ -								
18	Santa Helena	Rio das Pedras	CNAGA	Sumaré	67	0,2243	21,04	46,91	0,000	R\$ -								
19	Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	CNAGA	Sumaré	39	0,2243	12,25	38,12	77.394,177	R\$ 2.950.403,79								
20	Bom Retiro	Capivari	CNAGA	Sumaré	46	0,2243	14,44	40,32	0,000	R\$ -								
21	Costa Pinto	Piracicaba	CNAGA	Sumaré	70	0,2243	21,98	47,86	0,000	R\$ -								
22	Rafard	Rafard	CNAGA	Sumaré	67	0,2243	21,04	46,91	0,000	R\$ -								
23	São Francisco	Elias Fausto	CNAGA	Sumaré	68	0,2243	21,35	47,23	0,000	R\$ -								
24	Iracema	Iracemópolis	CNAGA	Sumaré	63	0,2243	19,78	45,66	0,000	R\$ -								
25	São João	Araras	CNAGA	Sumaré	63	0,2243	19,78	45,66	139.477,275	R\$ 6.368.289,69								
26	Santa Maria	Cerquillo	CNAGA	Sumaré	102	0,2243	32,03	57,91	0,000	R\$ -								
27	Santa Lúcia	Araras	CNAGA	Sumaré	70	0,2243	21,98	47,86	42.478,223	R\$ 2.032.854,81								
28	Santa Rosa	Boituva	CNAGA	Sumaré	97	0,2243	30,46	56,33	0,000	R\$ -								
29	Ester	Cosmópolis	CNAGA	Sumaré	35	0,2243	10,99	36,87	71.276,625	R\$ 2.627.662,67								
30	Cresciumal	Leme	CNAGA	Sumaré	99	0,2243	31,09	56,96	84.562,191	R\$ 4.816.914,39								
31	São José	Rio das Pedras	Teaçu	Santos	226	0,2243	50,69	-	0,000	R\$ -								
32	Santa Helena	Rio das Pedras	Teaçu	Santos	240	0,2243	53,83	-	0,000	R\$ -								
33	Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Teaçu	Santos	212	0,2243	47,55	-	0,000	R\$ -								
34	Bom Retiro	Capivari	Teaçu	Santos	226	0,2243	50,69	-	0,000	R\$ -								
35	Costa Pinto	Piracicaba	Teaçu	Santos	242	0,2243	54,28	-	0,000	R\$ -								
36	Rafard	Rafard	Teaçu	Santos	211	0,2243	47,33	-	0,000	R\$ -								
37	São Francisco	Elias Fausto	Teaçu	Santos	204	0,2243	45,76	-	0,000	R\$ -								
38	Iracema	Iracemópolis	Teaçu	Santos	244	0,2243	54,73	-	0,000	R\$ -								
39	São João	Araras	Teaçu	Santos	242	0,2243	54,28	-	0,000	R\$ -								
40	Santa Maria	Cerquillo	Teaçu	Santos	220	0,2243	49,35	-	0,000	R\$ -								
41	Santa Lúcia	Araras	Teaçu	Santos	249	0,2243	55,85	-	0,000	R\$ -								
42	Santa Rosa	Boituva	Teaçu	Santos	196	0,2243	43,96	-	25.277,238	R\$ 1.111.258,16								
43	Ester	Cosmópolis	Teaçu	Santos	217	0,2243	48,67	-	0,000	R\$ -								
44	Cresciumal	Leme	Teaçu	Santos	278	0,2243	62,36	-	0,000	R\$ -								
45																		
46		Origem	Destino	Distância	Frete					Transbordo								
47		Terminal	Cidade	Porto	Cidade	km	R\$/t.km	R\$/t		R\$/t								
48		Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	330	-	26,25		4,00								
49		CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	275	-	21,88										
50																		

Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009, p.139).

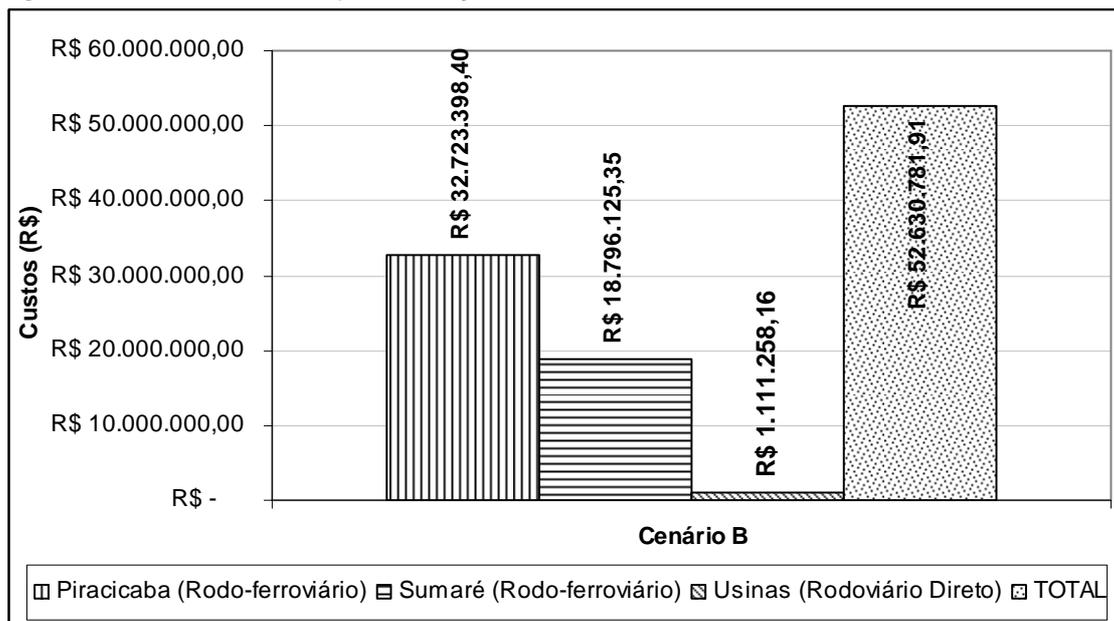
3.2.4.2.2 RESULTADO - CENÁRIO B

Tabela 3.14: Resultado - Cenário B.

Origem		Modalidade	Pré-Destino		Destino		Custo Rota	Captação de Carga (t)		
Usina	Cidade		Terminal	Cidade	Porto	Cidade		Santos (direto)	Santos (via Sumaré)	Santos (via Piracicaba)
São José	Rio das Pedras	Rodo-ferroviária	Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	R\$ 2.351.678,64	-	-	61.481,795
Santa Helena	Rio das Pedras	Rodo-ferroviária	Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	R\$ 5.047.343,07	-	-	131.956,682
Furlan	Santa Bárbara d'Oeste	Rodo-ferroviária	CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	R\$ 2.950.403,79	-	77.394,177	-
Bom Retiro	Capivari	Rodo-ferroviária	Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	R\$ 2.477.709,77	-	-	64.776,726
Costa Pinto	Piracicaba	Rodo-ferroviária	Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	R\$ 7.886.876,80	-	-	206.192,858
Rafard	Rafard	Rodo-ferroviária	Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	R\$ 5.004.994,80	-	-	125.172,999
São Francisco	Elias Fausto	Rodo-ferroviária	Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	R\$ 4.503.419,93	-	-	111.751,164
Iracema	Iracemópolis	Rodo-ferroviária	Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	R\$ 2.917.962,12	-	-	72.408,452
São João	Araras	Rodo-ferroviária	CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	R\$ 6.368.289,69	-	139.477,275	-
Santa Maria	Cerquilha	Rodo-ferroviária	Piracicaba	Piracicaba	Teaçu	Santos	R\$ 2.533.413,28	-	-	51.606,261
Santa Lúcia	Araras	Rodo-ferroviária	CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	R\$ 2.032.854,81	-	42.478,223	-
Santa Rosa	Boituva	Rodoviária	-	-	Teaçu	Santos	R\$ 1.111.258,16	25.277,238	-	-
Ester	Cosmópolis	Rodo-ferroviária	CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	R\$ 2.627.662,67	-	71.276,625	-
Cresciumal	Leme	Rodo-ferroviária	CNAGA	Sumaré	Teaçu	Santos	R\$ 4.816.914,39	-	84.562,191	-
TOTAL							R\$ 52.630.781,91	25.277,238	415.188,491	825.346,935

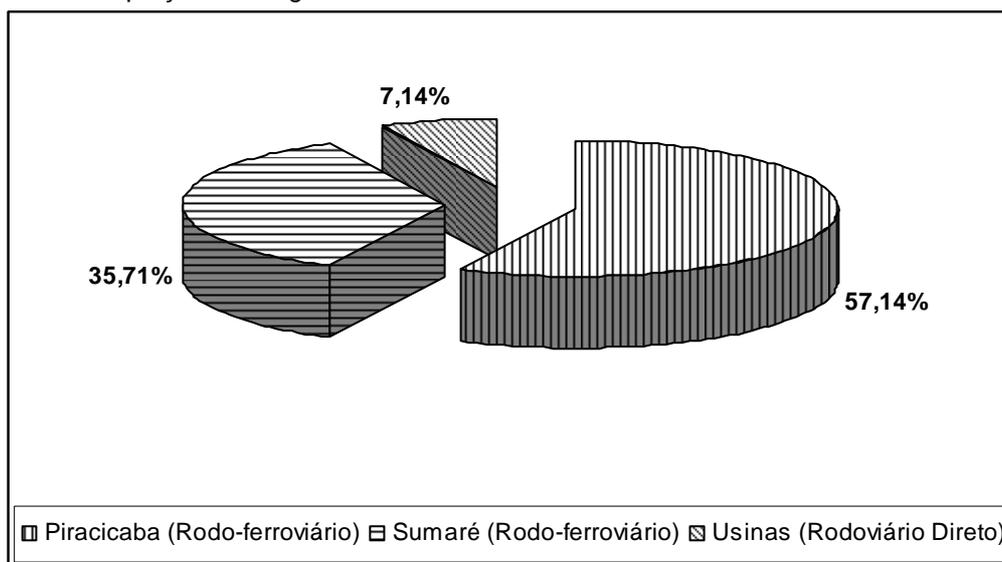
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009).

Figura 3.10: Custos de transporte de açúcar – Cenário B.



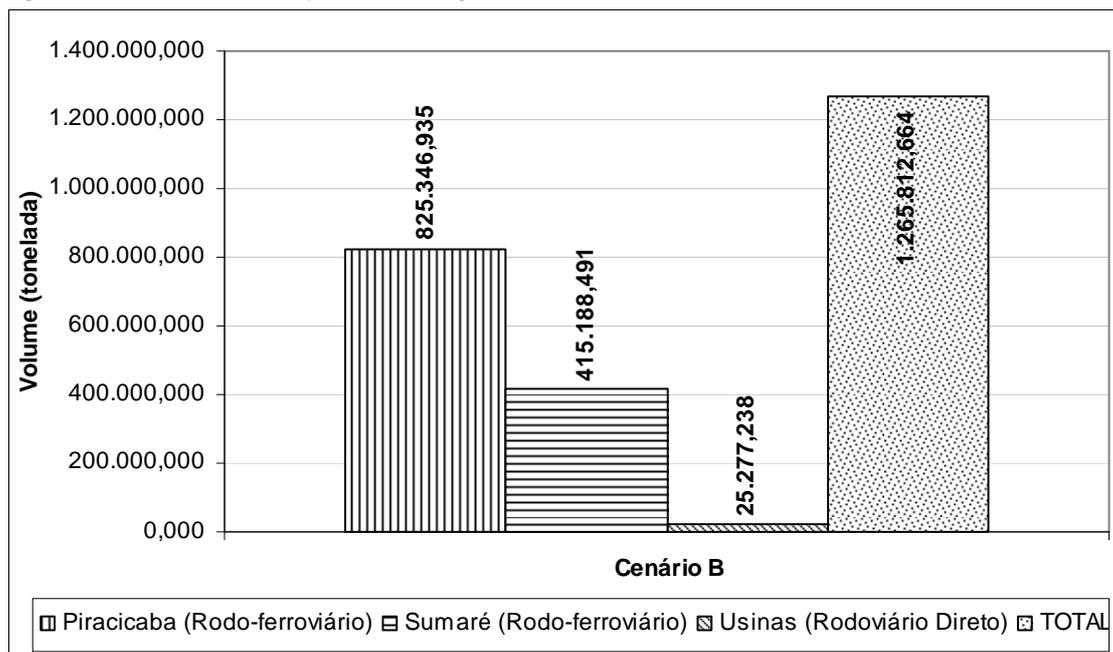
Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009).

Figura 3.11: Captação de carga – Cenário B.



Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009).

Figura 3.12: Volume transportado de açúcar – Cenário B.



Fontes: Elaborado pelo autor a partir de informações de LACHTERMACHER (2009).

De acordo com os resultados da Tabela 3.14 e Figura 3.10, relacionados a custos de transporte, e das Figuras 3.11 e 3.12 referentes à captação de carga e volume transportado, o Cenário B (situação hipotética) apresentou como sendo a alternativa de transporte mais favorável para o açúcar produzido pelas usinas citadas, a opção Transporte rodoviário das usinas para os respectivos terminais de Piracicaba (proposto) e Sumaré (existente) seguidos de transporte ferroviário para o porto, desfavorecendo praticamente as opções de rotas rodoviárias das usinas direto para o porto.

A alternativa rodo-ferroviária deste cenário foi favorecida mediante a hipótese, na qual adotou um índice de redução dos custos de frete ferroviário e de transbordo para açúcar, com o objetivo de encontrar valores de custos ideais que contemplassem a alternativa rodo-ferroviária. Esse índice de redução foi estipulado em torno de 37,5%, a partir do método de tentativa e erro, aplicado no processo de modelagem do Cenário B.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região analisada no desenvolvimento deste trabalho representa uma das maiores forças econômicas do interior do Estado de São Paulo, composta

por inúmeras empresas, inclusive produtoras de açúcar e álcool, as quais buscam constantemente novas alternativas para otimizar seus processos em busca de qualidade e principalmente por redução de custo - fatores essenciais para tornar-se competitiva em relação aos seus concorrentes, ambos inseridos em um mercado que a cada dia vem tornando-se cada vez mais exigente e especulativo.

A logística intermodal (rodo-ferroviária) surge então como uma determinada alternativa ao transporte rodoviário, com possíveis vantagens de custo dada escala. Uma prova disso são os recentes altos investimentos do setor sucroalcooleiro, na viabilização de alternativas multimodais que priorizem a integração do modal ferroviário, visando à redução de custos e melhoria da qualidade de atendimento aos clientes.

Portanto este trabalho teve a finalidade de analisar de forma simplificada, a importância da aplicação de métodos logísticos aos processos de transporte de açúcar com ênfase na utilização do modal ferroviário, a fim de alcançar maior rentabilidade e desenvolvimento econômico, a partir da descrição do perfil socioeconômico da região, da situação atual da matriz de transporte brasileira, da atuação do setor produtivo de açúcar no mercado e dos resultados da aplicação do modelo matemático no estudo de caso.

A partir disso, chegou-se a definição de que uma possível reativação do ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa e a implantação de um terminal intermodal de carga na cidade de Piracicaba tornam-se inviáveis nas condições atuais, pois o método rodo-ferroviário apresenta uma somatória de custos de transporte superior comparado ao praticado pela modalidade rodoviária.

A possibilidade de redução de tais custos (abordados na modelagem de uma situação hipotética no estudo de caso), poderia contribuir positivamente com a economia da região, devido à otimização das operações logística e de transporte de carga. Beneficiaria também as regiões atravessadas pelas rodovias que apresentam fluxos intensos de veículos, pois uma parte destas mercadorias transportadas por caminhões estará acondicionada em vagões de trem, eliminando significativamente os congestionamentos, diminuindo a

eliminação de gases nocivos ao meio ambiente e reforçando os conceitos de desenvolvimento sustentável.

Todavia, seria preciso avaliar de forma ampliada o potencial econômico da região de Piracicaba, levando em consideração as empresas potenciais dispostas a investirem numa possível reativação desta linha férrea, demonstrando a estas organizações as possibilidades da utilização da modalidade rodo-ferroviária para o transporte de mercadorias comparando ao uso exclusivo do modal rodoviário.

Por outro lado, far-se-ia necessário avaliar as conseqüências sociais e econômicas que essa possibilidade de reativação causaria aos municípios envolvidos. Isso porque esta ferrovia possui alguns problemas de infraestrutura urbana e questões sociais que poderiam causar a interrupção do processo de reativação pelos órgãos públicos e prefeituras das cidades envolvidas.

Tais empecilhos poderiam ser solucionados através de acordos entre as instituições governamentais, empresa concessionária da ferrovia e pelas empresas que utilizariam os serviços de transporte ferroviário, arcando com os gastos das obras para eliminação de gargalos que comprometeriam o desempenho operacional da ferrovia e pontos críticos que trariam insegurança a população.

Caso fosse viável a utilização deste trecho ferroviário, outra opção seria a elaboração de estudos técnicos para a construção de um novo trajeto, com a intenção de evitar o tráfego ferroviário dentro de centros urbanos, o qual traria inúmeros problemas ao sistema viário e aos moradores destas cidades. Um exemplo disso é a atual situação vivenciada pelo município de Americana que recentemente foi palco de um grave acidente, envolvendo um trem de carga e um ônibus de passageiros, tirando a vida de nove pessoas e deixando diversos feridos.

Antes mesmo de ocorrer esse fato lamentável, o município de Americana já se empenhava na busca de soluções para que este tipo de problema não acontecesse em seu território. Sua sugestão para o trecho ferroviário (em

operação), que atravessa o centro da cidade, é a remoção e transferência dos trilhos para outra localidade, sugerindo a construção de um “arco ferroviário” que acompanharia o trajeto da rodovia dos Bandeirantes. Sendo assim, envolveria as cidades de Cordeirópolis, Limeira, Santa Bárbara d’Oeste, Nova Odessa, Sumaré, Hortolândia e Campinas as quais teriam que juntar forças políticas para reivindicar a efetivação do projeto. A cidade de Piracicaba também poderia se unir a estes municípios, aproveitando a oportunidade para integrar a este projeto a proposta de reativação do ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa, buscando analisar detalhadamente sua viabilidade socioeconômica nesta situação.

Enfim, diante deste cenário, pretendo aprofundar estes estudos futuramente a partir do desenvolvimento de uma pós-graduação, a fim de encontrar resultados precisos e mais próximos das condições reais. Contribuindo de fato para a solução destes problemas e no alcance de bons resultados às organizações inseridas nesta cadeia logística.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Citação:** NBR-10520/ago - 2002. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

_____. **Referências:** NBR-6023/ago. 2002. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ALL - AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA (2010) - **Informações de custo de frete ferroviário para açúcar.** Adquirido através de contato telefônico com a empresa, 01 dezembro 2010. 11h03.

AMERICANA (2010) - **Dados e informações do município de Americana.** Disponível em: <<http://www.americana.sp.gov.br>>. Acesso em: 06 setembro 2010. 14h38.

ANTT - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (2007) - **Transporte ferroviário.** Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/>>. Acesso em: 29 outubro 2010. 11h13.

CHRISTOPHER, M. (1992) - **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços.** Pioneira Thomson Learning. 3ª reimpressão da 1ª edição, 1997. São Paulo.

CNAGA - COMPANHIA NACIONAL DE ARMAZÉNS GERAIS ALFANDEGADOS (2010) - **Informações de custo de transbordo para açúcar em terminal rodo-ferroviário.** Adquirido através de contato telefônico com a empresa, 02 dezembro 2010. 12h06.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (2009) - **Pesquisa CNT de Ferrovias 2009.** Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/ferroviaria/2009/>>. Acesso em: 19 outubro 2010. 18h27.

CORDERO VIRTUAL (2005) - **Dados econômicos do município de Piracicaba.** Disponível em: <http://http://www.corderovirtual.com.br/geral/imprima_mundo.php?codigo=171>. Acesso em: 24 setembro 2010. 23h44.

ESTAÇÕES FERROVIÁRIAS DO BRASIL (2010) - **Dados e informações do ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa.** Disponível em: <<http://www.estacoesferroviarias.com.br>>. Acesso em: 26 setembro 2010. 10h27.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2008) - **Informação referente à construção de um terminal ferroviário em Piracicaba.** Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/agencianoticias/2008/11/27/terminais_interior_alav_economia.ntc>. Acesso em: 02 novembro 2010. 14h23.

FREDERICO, G.F. (2008) - **Proposta de aplicação do Balanced Scorecard para o operador de transporte ferroviário**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista. 2008. Bauru - SP.

GOOGLE MAPS (2010) - **Localizações, rotas e distâncias**. Disponível em: <<http://maps.google.com/>>. Acesso em: 22 fevereiro 2010. 11h42.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2009) - **Dados econômicos de municípios**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 setembro 2010. 00h19.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (2006) - **Transporte de carga no Brasil: Estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos**. Disponível em: <http://desafios.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/estruturadinamica/capitulo%2012_transportes.pdf>. Acesso em: 20 outubro 2010. 23h57.

LACHTERMACHER G. (2009) - **Pesquisa operacional na tomada de decisões** - 4ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

NAZÁRIO, P. (2000) - **Intermodalidade: Importância para a logística e estágio atual no Brasil**. Artigos CEL - Centro de Estudos em Logística. COPPEAD - UFRJ. 2000. Rio de Janeiro.

NOVA ODESSA (2010) - **Dados e informações do município de Nova Odessa**. Disponível em: <<http://www.novaodessa.sp.gov.br>>. Acesso em: 06 setembro 2010. 11h58.

OLIVEIRA, A.M.K. (2005) - **Potencial da logística ferroviária para a movimentação de açúcar para exportação no estado de São Paulo: recomendações de localização para armazéns intermodais concentradores de carga**. Piracicaba, 2005. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PIRACICABA (2010) - **Dados e informações do município de Piracicaba**. Disponível em: <<http://www.piracicaba.sp.gov.br>>. Acesso em: 06 setembro 2010. 11h06.

SANTA BÁRBARA D'OESTE (2010) - **Dados e informações do município de Santa Bárbara d'Oeste e Ramal ferroviário Piracicaba - Nova Odessa**. Disponível em <<http://www.santabarbara.sp.gov.br>>. Acesso em: 06 setembro 2010. 11h39.

SEADE (2010) - **Dados e informações de municípios**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>. Acesso em: 06 setembro 2010. 14h30.

SIFRECA - SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES PARA CARGAS AGRÍCOLAS (2010) - **Tarifas de frete rodoviário para transporte de açúcar**. Disponível em: <<http://sifreca.esalq.usp.br/sifreca/pt/fretes/rodoviaros/index.php?q=>>. Acesso em: 29 outubro 2010. 10h37.

SOUZA, F. (2003) - **Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de transporte combinado rodo-ferroviário no corredor Bauru - São Paulo**. Simpósio de Engenharia de Produção, 2003, Bauru. Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção, 2003. Disponível em <<http://www.fmarx.eti.br/mestrado/arq35.pdf>>. Acesso em: 12 novembro 2009. 17h07.

UNICA - União da Indústria de Cana-de-açúcar (2010) - **Informações da Safra 2008/2009 de cana-de-açúcar e unidades produtoras**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 30 maio 2010. 15h18.

UNI-FACEF - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FRANCA (2006) - **Competência x Protecionismo: Perspectivas das exportações de açúcar brasileiras, face à queda dos subsídios da União Européia**. Revista FACEF Pesquisa, v. 9, n. 2, p. 176 - 180, 2006. Disponível em: <<http://www.facef.br/facefpesquisa/2006/nr2/v9n2artigo5.pdf>>. Acesso em: 07 novembro 2010. 12h20.

UNIFOR - UNIVERSIDADE DE FORTALEZA (2006) - **O Turismo rural da cidade de Piracicaba e sua expansão utilizando-se as ferramentas do planejamento estratégico contempladas no Projeto Piracicaba 2010**. Revista do centro de Ciências Administrativas, v. 12, n. 2, p. 189, 2006. Disponível em: <http://neowww.unifor.br/joomla/joomla/joomla/images/pdfs/pdfs_notitia/1601.pdf>. Acesso em: 02 novembro 2010. 14h07.

WIKIPEDIA (2010) - **Mapas de localização de municípios**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em: 06 setembro 2010. 15h03.