

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Localização de tanques de armazenagem de álcool combustível no  
Brasil: aplicação de um modelo matemático de otimização**

**Carlos Eduardo Osório Xavier**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia  
Aplicada

**Piracicaba  
2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Carlos Eduardo Osório Xavier  
Engenheiro Eletricista

**Localização de tanques de armazenagem de álcool combustível no Brasil: aplicação de um modelo matemático de otimização**

Orientador:

Prof. Dr. **JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia  
Aplicada

**Piracicaba  
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Xavier, Carlos Eduardo Osório

Localização de tanques de armazenagem de álcool combustível no Brasil: aplicação de um modelo matemático de otimização / Carlos Eduardo Osório Xavier. - - Piracicaba, 2008.

175 p. : il. + CD-ROM

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.  
Bibliografia.

1. Álcool como combustível 2. Logística – Estatística 3. Modelos matemáticos  
Otimização matemática 5. Programação inteira e fluxos em rede 6. Tanque I. Título

CDD 338.4766182

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, irmãos, e familiares pelo apoio e por proporcionarem esta oportunidade.

A minha namorada, Eloísa, pelo apoio e leitura das parciais deste trabalho.

Aos amigos de ESALQ e Piracicaba.

Ao professor José Vicente Caixeta Filho pela orientação.

À professora Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes e ao professor Augusto Hauber Gameiro pelas contribuições a este trabalho.

À Aline, Carlito, Cesinha, Daniel, Fábio, Francine, Joaquim, José Eduardo, José Mauro, Ligiana, Rodolfo e Vítor pelas contribuições a este trabalho.

A todos os entrevistados que cederam seu tempo e disponibilizaram as informações necessárias para a realização deste estudo.

Aos professores da Universidade da São Paulo, pela contribuição à minha formação.

À Maielli, aos funcionários do LES, da ESALQ e da USP pela colaboração.

Agradeço ao apoio de: Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas – PECEGE.



## SUMÁRIO

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	11
LISTA DE FIGURAS .....	13
LISTA DE QUADROS .....	15
LISTA DE TABELAS .....	17
1 INTRODUÇÃO .....	19
1.1 Objetivos .....	25
1.2 Estrutura do Trabalho .....	25
2 MERCADO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL .....	27
2.1 Caracterização do mercado de álcool.....	27
2.1.1 No mundo .....	27
2.1.2 No Brasil .....	32
2.2 Organização do mercado de álcool brasileiro.....	34
2.2.1 Principais agentes na cadeia de álcool brasileira .....	34
2.2.2 Formação de preços do álcool no Brasil .....	39
2.2.3 Fraudes, sonegação e ações de combate .....	45
2.3 A logística do álcool brasileiro.....	48
2.3.1 Transporte e distribuição de álcool .....	53
2.3.1.1 Participação dos modais de transporte, gargalos e legislação .....	58
2.3.1.2 Principais investimentos e novos corredores de escoamento de álcool .....	65
2.3.1.3 Transporte de álcool para a exportação .....	68
2.3.2 Armazenagem do álcool combustível .....	69
2.4 Mecanismos de estabilização de preços .....	74
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	77
3.1 Teoria de localização .....	77
3.1.1 Localização de estruturas logísticas .....	79
3.1.2 Experiências na aplicação da programação inteira-mista .....	84
4 MATERIAL E MÉTODO .....	89
4.1 Modelo matemático proposto.....	90
4.1.1 Representação esquemática do modelo.....	91



4.1.2 Representação matemática do modelo .....	92
4.2 Especificação dos dados .....	99
4.2.1 Nível de detalhamento dos dados.....	100
4.2.2 Localizações potenciais .....	105
4.2.3 Capacidade de armazenagem .....	106
4.2.4 Produção mensal .....	109
4.2.5 Estoque inicial de álcool .....	112
4.2.6 Demanda .....	113
4.2.7 Exportações .....	115
4.2.8 Custos de construção .....	116
4.2.9 Custos de armazenagem .....	117
4.2.10 Taxa de giro mensal dos tanques .....	118
4.2.11 Tamanhos mínimos e número de locais para instalação de tanques .....	119
4.2.12 Distâncias e custos de transporte .....	119
4.2.12.1 Rodoviárias .....	119
4.2.12.2 Ferroviárias .....	121
4.2.12.3 Aquaviárias .....	125
4.2.12.4 Dutoviárias .....	127
4.2.12.5 Intermodalidades .....	128
4.3 Cenários considerados .....	128
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	129
5.1 Cenário 1 – Panorama atual .....	130
5.2 Cenário 2 – Novos locais .....	141
5.3 Comparação entre cenários 1 e 2.....	150
6 CONCLUSÕES.....	155
REFERÊNCIAS .....	159
ANEXO .....	173



## RESUMO

### **Localização de tanques de armazenagem de álcool combustível no Brasil: aplicação de um modelo matemático de otimização**

O objetivo principal deste trabalho foi criar um modelo matemático para determinar, em nível estratégico, os locais no Brasil mais apropriados à instalação de tanques de álcool combustível (anidro e hidratado) e seus respectivos volumes. O modelo de programação inteira-mista desenvolvido baseou-se na organização do sistema de distribuição de álcool, enfocando sua logística, e considerando questões de oferta, demanda, infra-estrutura de transporte e armazenagem, além de custos de transporte, armazenagem e investimentos em tanques. O modelo foi formulado considerando o horizonte temporal dos meses do ano-safra canavieiro de 2006/2007. Essa formulação reflete as sazonalidades de produção, demanda e estoques do álcool. O modelo de transporte foi enfatizado na minimização dos custos logísticos da cadeia distribuição de álcool combustível dos produtores aos consumidores. Dois cenários e a análise de sensibilidade de suas respostas abordaram a questão estocástica do problema. O primeiro analisou o panorama atual do mercado de álcool, logo não considerou a possibilidade de criação de novos tanques. A idéia desse cenário foi apresentar a consistência da modelagem e ressaltar as condições de infra-estrutura existente de transporte e armazenagem para álcool combustível. Foi feita uma análise de sensibilidade em relação a custos de transporte e restrições de armazenagem para checagem das respostas e para a comparação das práticas atuais de mercado. No segundo cenário, considerou-se a possibilidade de criação de novos tanques procurando identificar os locais mais apropriados para construção dessas estruturas e seu dimensionamento. A análise de sensibilidade em relação a custos de transporte e restrições de armazenagem foi feita para confirmar o potencial de cada localização. Os resultados indicaram a localização inapropriada das bases de distribuição de álcool no país. Destacaram-se também os baixos níveis de fretes de transferência em função das limitações de infra-estrutura do sistema de distribuição de álcool. Tanto que as principais localizações de novos tanques disseram respeito a bases no interior da região Centro-Sul, destinos cujos custos de transporte de coleta e entrega são mais competitivos. Em relação aos novos tanques de álcool hidratado houve a indicação das cidades de: Cascavel – PR, Umuarama – PR, Maringá – PR, Lages – SC, Sinop – MT, Limeira – SP e Sorocaba – SP. Para o caso do álcool anidro os novos investimentos sugeridos foram nas cidades de: Londrina – PR, Cascavel – PR, Guarapuava – PR, Lajes – SC, Santa Maria – RS, Araçatuba – SP, Sinop – MT, Vilhena – RO, Montes Claros – MT, Dourados – MS, Gurupi – TO e Teresina – PI. Somado a isso houve a alocação de praticamente todo o custo de armazenagem às usinas. Finalmente, as soluções para a localização de novos investimentos dos tanques de álcool foram todas em regiões de bases de distribuição, já que as usinas estão bem servidas em relação à capacidade de armazenagem.

Palavras-chave: Álcool; Logística; Armazenagem; Tanques; Localização ótima; MIP



## ABSTRACT

### **Ethanol storage tanks location in Brazil: a mixed integer program model application**

The main purpose of this research is to develop a mathematical model intended for strategic analysis of the optimal location and considering suitable volumes for storage ethanol (anhydrous and hydrous) tanks. The Mixed Integer Program – MIP model was based on Brazilian ethanol distribution system. The model considered market parameters as supply, demand, and infrastructure parameters on transportation, storage values as well as their expenses. New construction ethanol tanks expenses also were considered. The months along the sugarcane crop year period of 2006/2007 were referred into the modeling formulation. This formulation allows a seasonal storage, production and demand patterns analysis. Transportation model is the main concern in the total logistics cost minimization from producers to consumers. The model stochastic formulation was elaborated by creating two simulated scenarios and developing a sensitivity analysis. The purpose of the first scenario was to check the model consistency and explore the current ethanol transport and storage infrastructure without considering the possibility of new tank installation. Based on these results, a sensitivity analysis regarding transportation expenses and storage restrictions was elaborated in order to make a comparison with current market practices. In the second scenario, it was considered the construction of new ethanol tanks and the identification of the most suitable places bearing in mind volume capacities. Based on these results, a sensitivity analysis regarding transportation expenses and storage restrictions was elaborated in order to check each location consistency. Results indicated that mills are mostly responsible for ethanol (anhydrous and hydrous) storages maintenance types and that the existing geographic organization of terminals and fuel distributors is inappropriate for ethanol distribution in Brazil. Transportation low flows among terminals and fuel distributors also indicated lack of a better infrastructure for ethanol distribution. The model indicated that main location results for installation of new tanks would be located especially in the countryside of the center-south states, where allocation and distribution of ethanol from mills to the consumer market would be more competitive. In relation to the new hydrous ethanol tanks, the model indicated appropriated locations for the cities of: Cascavel – PR, Umuarama – PR, Maringá – PR, Lages – SC, Sinop – MT, Limeira – SP e Sorocaba – SP. In the other hand, for anhydrous ethanol, new investments suggested in: Londrina – PR, Cascavel – PR, Guarapuava – PR, Lajes – SC, Santa Maria – RS, Araçatuba – SP, Sinop – MT, Vilhena – RO, Montes Claros – MT, Dourados – MS, Gurupi – TO e Teresina – PI. Finally, the model indicated that the best locations for the establishment of new ethanol tanks would be located in fuel distributors' bases, once results confirmed that mills have enough storage capacity.

Keywords: Ethanol; Logistics; Stocks; Tanks; Optimal location; MIP



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da produção mundial de álcool e principais produtores .....	28
Figura 2 – Evolução das exportações mundiais de álcool (2003 a 2006) por principais países e blocos exportadores .....	30
Figura 3 – Evolução da produção anual brasileira de álcool combustível.....	32
Figura 4 – Evolução do consumo anual de álcool combustível no Brasil (2000-2006) .....	33
Figura 5 – Evolução das exportações anuais brasileiras de álcool (2000-2007) .....	33
Figura 6 – Localização das unidades produtoras de açúcar e álcool brasileiras em operação e em construção, informações sobre quantidade de unidades em operação por tipo de produção e região, produção agregada de álcool combustível por região e nacional e crescimento percentual da produção em relação ao ano anterior .....	37
Figura 7 – Distribuição espacial das bases de distribuição no país .....	39
Figura 8 – Modelo conceitual da matriz de transportes .....	48
Figura 9 – Diagrama representativo das etapas e fluxos de abastecimento e logística de álcool combustível.....	54
Figura 10 – Etapas dos fluxos de distribuição de álcool .....	55
Figura 11 – Mapa representativo das bases distribuidoras de combustíveis no Brasil .....	56
Figura 12 – Mapa dos terminais da TRANSPETRO no Brasil .....	56
Figura 13 – Fluxo de combustíveis via modal dutoviário ente abril de 2006 e março de 2007 .....	63
Figura 14 – Representação dos projetos da TRANSPETRO.....	67
Figura 15 – Estoques e preços médios reais mensais (base julho 2007), pago às usinas, pelo álcool anidro e hidratado no estado de São Paulo .....	75
Figura 16 – Representação esquemática do modelo de localização e dimensionamento dos tanques de armazenagem de álcool.....	92
Figura 17 – Participação de fluxos de entrega, por faixa de distâncias (em km) .....	133
Figura 18 – Localizações de tanques de álcool combustível indicadas, por tipo .....	154



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Números do setor de abastecimento e logística de álcool combustível.....	38
Quadro 2 – Participação percentual do frete no preço do óleo diesel na bomba para um caso de transporte entre Paulínia – SP e Barretos – SP.....	49
Quadro 3 – Produção, consumo e saldo de cada tipo de álcool combustível nas Unidades da Federação – UF brasileiras para o ano-safra canavieiro 2006-2007 (abril de 2006 a março de 2007) .....	51
Quadro 4 – Fluxo anual (2006) de transporte de combustíveis, via ferroviária, em 1000 m <sup>3</sup> .....	62
Quadro 5 – Organização dos dados do acompanhamento da produção canavieira realizado pelo DAA-SPA-E-MAPA.....	110
Quadro 6 – Representação do período dos dados de produção utilizados .....	111
Quadro 7 – Custos de exportações e portuários e distâncias médias percorridas .....	141
Quadro 8 – Resumo das principais alterações que ocorrem do cenário 1 para o cenário 2 nas bases de álcool anidro .....	150
Quadro 9 – Resumo das principais alterações que ocorrem do cenário 1 para o cenário 2 nas bases de álcool hidratado .....	153



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estágio dos programas de utilização de álcool no mundo .....	29
Tabela 2 – Composição de custos* do litro de combustível nas distribuidoras .....	42
Tabela 3 – Regiões produtoras utilizadas na entrada de dados do modelo .....	101
Tabela 4 – Regiões consumidoras utilizadas na entrada de dados do modelo .....	102
Tabela 5 – Localização das bases consideradas na entrada de dados do modelo .....	104
Tabela 6 – Capacidade de armazenagem de usinas em Goiás .....	106
Tabela 7 – Capacidade de armazenagem de usinas em São Paulo .....	107
Tabela 8 – Coeficientes para as estimativas de fretes rodoviários .....	121
Tabela 9 – Coeficientes para estimativas de fretes ferroviários.....	123
Tabela 10 – Trechos e fretes ferroviários considerados .....	123
Tabela 11 – Trechos e fretes hidroviários considerados.....	125
Tabela 12 – Estimativas dos custos fixos em R\$/m <sup>3</sup> da operação de cabotagem .....	126
Tabela 13 – Estimativas dos custos de frete de cabotagem.....	127
Tabela 14 – Tarifas portuárias .....	127
Tabela 15 – Trechos e fretes dutoviários considerados.....	127
Tabela 16 – Descrição dos fluxos e custos de transporte para o mercado interno, cenário 1 .....	131
Tabela 17 – Descrição dos fluxos e custos de transporte para o mercado externo, cenário 1 .....	131
Tabela 18 – Custos em R\$/litro, por tipo de álcool, nas etapas de distribuição do mercado interno, cenário 1 .....	132
Tabela 19 – Fluxos de transferência (m <sup>3</sup> ) total por modal e tipo de álcool.....	133
Tabela 20 – Localização de novos tanques, cenário 2, em m <sup>3</sup> .....	142
Tabela 21 – Variação dos fluxos de transferência por modalidade de transporte e tipo de álcool em relação ao cenário 1 .....	146
Tabela 22 – Localização de novos tanques, cenário 2 para taxa de giro de 8 vezes, em m <sup>3</sup> .....	147
Tabela 23 – Localização de novos tanques, cenário 2 para taxas de giro de oito vezes e taxas de desconto de 20% nos fretes transferências, em m <sup>3</sup> .....	149



## 1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 30, quando se iniciou a prática de mistura de álcool como solvente à gasolina importada no Brasil devido à depressão econômica mundial, a produção do álcool passou a ser acionada como mecanismo de intervenção governamental no setor sucroalcooleiro. O objetivo era a criação de choques de aumento de demanda em períodos de crise decorrentes da superprodução e, conseqüentemente, baixos preços de açúcar. A consolidação da utilização do álcool combustível no Brasil ocorreu a partir do lançamento do Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL em novembro de 1975. Este programa possuía a finalidade principal de substituir parte da gasolina consumida no mercado interno, reduzindo assim o consumo de petróleo. Combustível que era predominantemente importado e teve seu preço triplicado no ano de 1973, impactando negativamente o balanço de pagamentos do país. A escolha da cana-de-açúcar como principal matéria-prima para a produção álcool combustível foi definida não só a partir de fatores técnicos. Houve também motivos políticos, já que na década de 70 o setor sucroalcooleiro vivia grande crise, reflexo de problemas de superprodução, alto endividamento devido aos elevados investimentos realizados nos períodos anteriores e à redução da demanda internacional pelo açúcar.

O programa PROÁLCOOL é caracteristicamente dividido em duas fases. A primeira fase, no período de 1975 a 1979, foi marcada pela determinação da adição do álcool anidro à gasolina. Nessa fase, o excesso de produção de cana-de-açúcar e açúcar, assim como a existência de capacidade ociosa das usinas paulistas ocasionou um aumento substancial da produção de álcool anidro na safra de 1977/1978, quando a produção ultrapassou a demanda pelo produto acarretando em alto volume de estoques do combustível. Esse fato motivou o setor a pressionar o governo para criar uma demanda específica para absorver o álcool excedente. Coincidentemente, circunstâncias do mercado internacional, como o segundo choque do petróleo, causaram sensíveis aumentos no preço do petróleo em 1979, o que contribuiu para o início da segunda fase do PROÁLCOOL. Nesta fase do programa, de 1979 a 1985, foi lançado o carro a álcool (álcool hidratado<sup>1</sup>), a partir de um acordo entre o governo e a indústria automobilística.

---

<sup>1</sup> As diferenças técnicas entre o álcool anidro e o álcool hidratado se encontram especificadas na resolução nº 36, da Agência Nacional do Petróleo – ANP, de 6 de dezembro de 2005, BRASIL (2005a).

Durante toda a década de 80 os carros a álcool foram um sucesso comercial e lideraram as vendas de veículos leves, ao se considerar o tipo de combustível utilizado. O sucesso dos carros movidos a álcool iniciou seu declínio com a crise de desabastecimento do álcool combustível ocorrida no final da década de 80.

Esta crise foi resultado das mudanças da política e da economia brasileira, além da acentuada queda de preços da gasolina, em virtude da diminuição contínua dos preços do petróleo a partir do segundo choque do petróleo. Com o objetivo de conter a crise e instabilidade econômica, o governo determinou o corte de gastos e subsídios de diversos programas, inclusive o do álcool. Como este combustível possuía custos de produção maiores do que os da gasolina, a competitividade do álcool combustível só era possível por meio de subsídios governamentais aos produtores. Esses subsídios garantiam preço e estimulavam o consumo do álcool combustível.

No período da crise, o preço dos combustíveis era regulamentado, sendo que os custos de produção de álcool combustível eram maiores que o preço estipulado pelo governo. Deste modo, seguido por um período de incentivos com subsídio, houve uma mudança brusca para um período de condições inibidoras à produção de álcool combustível. Essa mudança, combinada com o baixo nível de estoques de álcool combustível – a garantia dada pelo governo de manutenção de nível de estoque estratégico não foi mantida – e às elevadas cotações no mercado internacional de açúcar, resultou na baixa produção e na falta do combustível para atender o mercado interno.

Na década de 90 ocorreram os processos de desregulamentação do setor sucroalcooleiro e dos preços do álcool no setor de combustíveis. Dessa forma, os preços do álcool deixaram de ser fixados pelo governo, o que estimulou o desenvolvimento de técnicas produtivas mais eficientes com o objetivo de reduzir custos e aumentar a competitividade do produto no novo ambiente de livre mercado. Atualmente, o preço do álcool hidratado é competitivo em relação ao da gasolina devido às reduções dos custos agrícola e industrial do setor; ao incentivo indireto ao álcool combustível, realizado por meio da menor tributação do álcool quando comparada à gasolina; e ao aumento do preço do petróleo no mercado internacional em virtude do aumento da demanda mundial (SOUZA, 2006).

A inovação da indústria automobilística brasileira ao lançar em 2003 os carros bicombustíveis, movidos a álcool, gasolina ou uma combinação qualquer dos dois

combustíveis, aliada aos preços do álcool combustível, renovou o interesse dos consumidores brasileiros pelo combustível. A flexibilidade dada ao consumidor em utilizar tanto o álcool combustível como a gasolina, não ficando vulneráveis às variações dos preços e da oferta dos combustíveis foi um atrativo aos veículos bicombustíveis. No ano de 2007 esse tipo de veículo correspondeu a 86,1% (2.032.370 unidades), 69,2% (1.933.905 unidades) das vendas e produção de veículos leves no Brasil, respectivamente (ANFAVEA, 2008a, 2008b). Com o sucesso de vendas dos carros bicombustíveis, a indústria automobilística brasileira praticamente extinguiu a produção do carro a álcool, e hoje possui como grande desafio melhorar a eficiência de consumo do motor desse tipo de carro quando comparado ao motor a álcool simples.

Além da sua crescente retomada de importância no país, o álcool combustível, passa a ter relevância também no mercado internacional. Os altos preços atuais do barril do petróleo, o aumento da preocupação mundial com as questões ambientais e a ratificação, em fevereiro de 2005, das metas de controle e redução das emissões de carbono acordadas no Protocolo de Kyoto incentivam diversos países a desenvolverem e intensificarem a utilização de fontes de energias renováveis e menos poluentes.

Dentre as energias renováveis, o álcool combustível se destaca como uma forma pragmática de uso para o setor de transportes. Razões para isso são a longa experiência de produção e utilização do combustível, além do mercado produtor já desenvolvido e com alto potencial de crescimento. Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2007, o álcool combustível respondeu por 14,5% da matriz de transporte rodoviária brasileira e por 13,3% da matriz de transporte nacional, em 2005. Além disso, a estimativa de crescimento da participação dos produtos da cana-de-açúcar na matriz energética brasileira do ano de 2005 para o de 2006 é de 9,6% (BRASIL, 2007a). Dessa forma, atualmente, diversos países estão interessados na busca de soluções semelhantes ao programa de desenvolvimento de álcool brasileiro, como o desenvolvimento de um sistema de produção de álcool combustível a partir de biomassa e conseqüente mistura desse combustível à gasolina com o objetivo de reduzir a emissão de carbono.

Alguns países já estão iniciando seus programas de produção e consumo de álcool; entretanto, assim como as experiências vividas no caso brasileiro do PROÁLCOOL, essas energias renováveis possuem dificuldades em competir inicialmente

com os combustíveis fósseis, os quais, geralmente, apresentam menores custos de produção e contam com um mercado consolidado.

O Brasil é hoje o segundo maior produtor e o maior exportador mundial de álcool combustível. Apresenta um dos custos de produção mais competitivos do mundo, além de possuir alto potencial de crescimento no volume e tecnologia de produção, distribuição e consumo deste biocombustível. O aumento da atual demanda pelo combustível e as previsões de seu crescimento continuado motivam o setor a realizar investimentos para a expansão da capacidade de produção, visando atender à demanda atual e futura pelo combustível, tanto no mercado interno como no externo.

Apesar de hoje o Brasil atender grande parte do mercado internacional de álcool, para que este mercado se consolide é necessário o aumento da oferta e da demanda mundial do combustível. Fatores que podem contribuir para isso são a diminuição das tarifas de importação do produto nos países consumidores, uma relativa estabilidade no fornecimento do combustível, assim como uma especificação formal internacionalmente aceita de uma definição de álcool para transformá-lo em uma *commodity* efetivamente.

Além disso, no mercado interno, apesar da motivação do consumidor brasileiro ao consumo de álcool hidratado devido a seu preço competitivo em relação à gasolina, ainda há aversão de um terço desses consumidores a utilização desse álcool. Riscos de variação de preço e oferta somada a falta de credibilidade do setor sucroalcooleiro e do governo na garantia de suprimento e na proteção dos interesses dos consumidores são as razões para essa postura do consumidor segundo a pesquisa encomendada pela União da Agroindústria Canavieira de São Paulo – UNICA (IBOPE SOLUTION, 2006).

As previsões são de que haverá avanço de novas tecnologias no setor sucroalcooleiro as quais favorecerão o aumento da produtividade agrícola e industrial, aumentando a oferta do produto e a garantia de seu abastecimento. Atualmente, os produtores nacionais estão investindo na expansão da capacidade agrícola e do parque industrial, particularmente das regiões produtoras do oeste de São Paulo, Minas Gerais e a região Centro-Oeste (MESSIAS, 2006). Desde o início de 2006 foram anunciados 211 projetos de usinas, com investimento total de US\$ 35 bilhões até 2012, dos quais US\$ 17 bilhões estão efetivamente sendo aplicados (SCARAMUZZO, 2007a). Voigh, Olivério (2007) em apresentação sobre projetos da Dedini Indústria de Base, maior fabricante de equipamentos para usinas do país, informaram que havia 44 projetos de usinas “chave na

mão”<sup>2</sup> em fase de montagem prevista após junho de 2007; 59 estavam aprovados para início da produção de equipamentos e havia 232 em fase de consulta à empresa. Em apresentação institucional, o presidente da UNICA, Marcos Sawaya Jank, destaca também o grande número de investimentos nas ampliações das usinas já existentes, estimados em US\$ 3 bilhões para os próximos 6 anos (JANK, 2007a).

Com o objetivo de aproveitar as novas oportunidades, investimentos vêm sendo realizados também na infra-estrutura de transporte do álcool, como a revitalização da malha ferroviária e a construção de terminais concentradores de carga para uso específico de usinas; a construção de terminais exportadores de combustíveis nos portos de Suape, em Pernambuco; a expansão dos terminais em Maceió, Alagoas; a remodelagem do Porto de São Sebastião, em São Paulo, para priorizar as exportações de álcool; a construção do terminal público de álcool e duplicação até 2008 do terminal da TRANSPETRO, em Paranaguá; os projetos de construção do “alcooduto” ligando Senador Canedo, em Goiás, a Paulínia, São Paulo, chegando até o porto de São Sebastião e ao terminal de Ilha D’Água, no Rio de Janeiro; e o projeto do outro “alcooduto” ligando o Mato Grosso ao Paraná, que se interliga com o primeiro via hidrovia Tietê-Paraná, que possui projeto de adaptação para transporte de álcool (SCARAMUZO; BARROS; RIBEIRO, 2007; ANSELMI, 2006a; JORNAL DA CANA, 2005; MONTANINI, 2005; NÓRCIO, 2007; RIOS, 2005; JORNAL DA TRANSPETRO, 2007).

Em tal ambiente de expansão de oferta e demanda, consorciado com investimentos em infra-estrutura, se faz relevante a elaboração de um modelo matemático que represente o comportamento, sob o ponto de vista de custos logísticos, do mercado de distribuição de álcool combustível no país. E dessa forma, identificar a organização espacial ideal das estruturas de distribuição e armazenamento do produto.

Ressalta-se que o álcool combustível no mercado brasileiro possui as seguintes características:

- 1) produto energético, conseqüentemente de consumo estratégico;
- 2) diferença entre os períodos de safra de cana-de-açúcar e conseqüentemente produção de álcool combustível na região Norte-Nordeste e Centro-Sul, o período de

---

<sup>2</sup> Projetos em que a usina é entregue já pronta para entrar em operação aos seus contratantes. A empresa construtora monta, fabrica, constrói ou subcontrata todos os equipamentos e obras de construção civil da usina.

safras da região Norte-Nordeste ocorre entre setembro e janeiro, enquanto na região Centro-Sul acontece entre abril e dezembro; essas regiões correspondem a 10% e 90% da produção nacional de álcool, respectivamente (BRASIL, 2008a, 2008b, 2008c);

- 3) padrão volátil de preços, altamente dependente dos períodos de safra e entressafra de cana-de-açúcar;
- 4) necessidade de consolidação final de credibilidade no mercado consumidor interno em relação à capacidade de fornecimento confiável do produto devido à crise de desabastecimento no final da década de 80;
- 5) grandes diferenças de preços regionais em função das diferenças de impostos e custos de transporte entre regiões produtoras e consumidoras;
- 6) exigência de garantias de fornecimento continuado e estável do combustível aos importadores, o que se materializa por meio da manutenção de estoques, e fomenta o desenvolvimento do comércio mundial.

Dadas essas especificidades do álcool combustível citadas, justifica-se a importância da realização de estudo visando à inspeção da localização ótima e do dimensionamento do volume dos tanques para armazenamento de álcool combustível. A busca para o melhor entendimento desses problemas é a motivação para realização deste trabalho. Com sua realização pretende-se contribuir com a criação de uma ferramenta e indicadores para novos projetos no setor sucroalcooleiro e de distribuição de álcool, para políticas públicas e setoriais, bem como novas oportunidades de negócio para o setor privado.

Neste trabalho, a determinação do potencial do local de instalação dos tanques de álcool é realizada por meio da construção de um modelo matemático e a simulação de alguns cenários do mercado de álcool combustível, os quais foram basicamente divididos em duas partes. O primeiro cenário analisa o panorama atual do mercado de álcool, não considerando a possibilidade de criação de novos tanques. Nesse cenário é feita uma descrição dos resultados gerais, da organização de fluxos no país assim como a análise de sensibilidade de algumas respostas, feita via simulação com alterações de parâmetros do modelo e a comparação de suas respostas com as práticas de mercado atual. A ideia desse cenário é demonstrar a consistência do modelo matemático de otimização e ressaltar as condições da infra-estrutura existente de transporte e armazenagem de

álcool. No segundo cenário, por meio da consideração da possibilidade de criação de novos tanques, procura-se identificar as localizações com maior potencial para a construção de tanques de álcool combustível, assim como o dimensionamento dessas estruturas. Também é feita uma análise de sensibilidade dessas localizações de forma a verificar os eventuais impactos a partir de alterações das condições de mercado.

### **1.1 Objetivos**

O objetivo principal desse trabalho é criar um modelo matemático que possa determinar os locais com maior potencial para a instalação de unidades armazenadoras de álcool, o número ótimo de tanques de armazenagem e respectivos volumes para os dois tipos desse combustível no Brasil. Nesse modelo se considera a minimização de custos de transporte, armazenagem e de investimentos, respeitando as restrições de oferta, demanda e de capacidade de armazenagem.

Como objetivos secundários, o trabalho procura realizar, para a formulação da modelo matemático, uma análise da organização do sistema de distribuição de álcool combustível no país por meio de um enfoque de sua logística e que justifique o incentivo à construção de novas estruturas de armazenagem. Para o fomento de dados e cenários para atingir o objetivo principal, também se analisa a atual infra-estrutura brasileira de transporte e armazenagem de álcool combustível no país, seus custos, deficiências e perspectivas.

### **1.2 Estrutura do Trabalho**

Além desta introdução, o trabalho será constituído por mais seis capítulos. O capítulo 2 é composto por uma contextualização sobre o mercado álcool no Brasil e no mundo, breve descrição sobre sua organização, a infra-estrutura logística desse setor e mecanismos de estabilização de preços. No capítulo 3 é feita a apresentação de revisão sobre a teoria de localização e aplicações do método de programação inteira-mista para localização de estruturas e dimensionamento de armazéns. O modelo matemático, organização dos dados e os cenários a serem utilizados para alcançar os objetivos deste trabalho estão especificados no capítulo 4. O capítulo 5 apresenta os resultados e discussões deste trabalho, seguido pelo capítulo 6 que traz as conclusões dessa dissertação.



## **2 MERCADO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL**

Neste capítulo procura-se apresentar a caracterização do mercado do álcool no Brasil e no mundo, verificar a organização do mercado brasileiro e a sua estrutura logística de transporte e armazenagem. Dessa forma entende-se que os objetivos propostos nesse trabalho poderão ser legitimados.

### **2.1 Caracterização do mercado de álcool**

Nesta parte do capítulo de contextualização do trabalho é feita a caracterização do mercado de álcool, se procura constatar se há um momento oportuno para novos investimentos por parte do setor sucroalcooleiro no Brasil e se o álcool combustível é o atrativo principal desses investimentos. Considera-se nessa verificação as perspectivas de crescimento do mercado externo devido ao aumento das preocupações ambientais e substituição do petróleo, e as do mercado interno, em virtude da tecnologia dos carros bicompostíveis e dos preços competitivos do produto tanto para compradores quanto para produtores.

#### **2.1.1 No mundo**

Paulillo et al. (2007) destacam a importância dos países ricos e industrializados como mercado potencial para as exportações brasileiras. Contudo, ressaltam o protecionismo como entrave. Nos Estados Unidos, por exemplo, o governo assegura reserva de mercado aos produtores locais de milho. Elobeid e Tokgoz (2006) relatam que as tarifas de importação de 2,5% mais sobretaxa de US\$ 0,54 por galão (aproximadamente 3,785 litros) objetivam assegurar que os benefícios de crédito – de US\$ 0,51 por galão, segundo Yacobucci (2006a) – de imposto do álcool em relação aos outros combustíveis nos EUA não beneficiem também produtores externos. Na União Européia também há subsídios aos produtores locais e restrição à importação com tarifas de até € 0,192 por litro de combustível.

Paulillo et al. (2007) citam os fatores que incentivam o desenvolvimento tecnológico em busca de fontes alternativas de energia no mundo:

- 1) os efeitos degradantes ao meio ambiente do uso dos derivados do petróleo;
- 2) o Protocolo de Kyoto (1997), estabelecendo metas de controle das emissões de carbono a partir de 2008;

- 3) a instabilidade no Oriente Médio, principal região produtora de petróleo;
- 4) a elevação dos preços reais do petróleo no mercado internacional;
- 5) a necessidade dos países de reduzir a dependência do petróleo;
- 6) os baixos preços das *commodities* e a conseqüente busca de alternativas agrícolas e a possibilidade de geração de empregos.

Para o caso específico dos EUA, país de maior crescimento em produção e consumo de álcool nessa década, os autores destacam a importância da política de substituição do MTBE pelo álcool como solvente da gasolina. Na Figura 1 se apresenta a evolução da produção mundial de álcool para os principais países produtores.

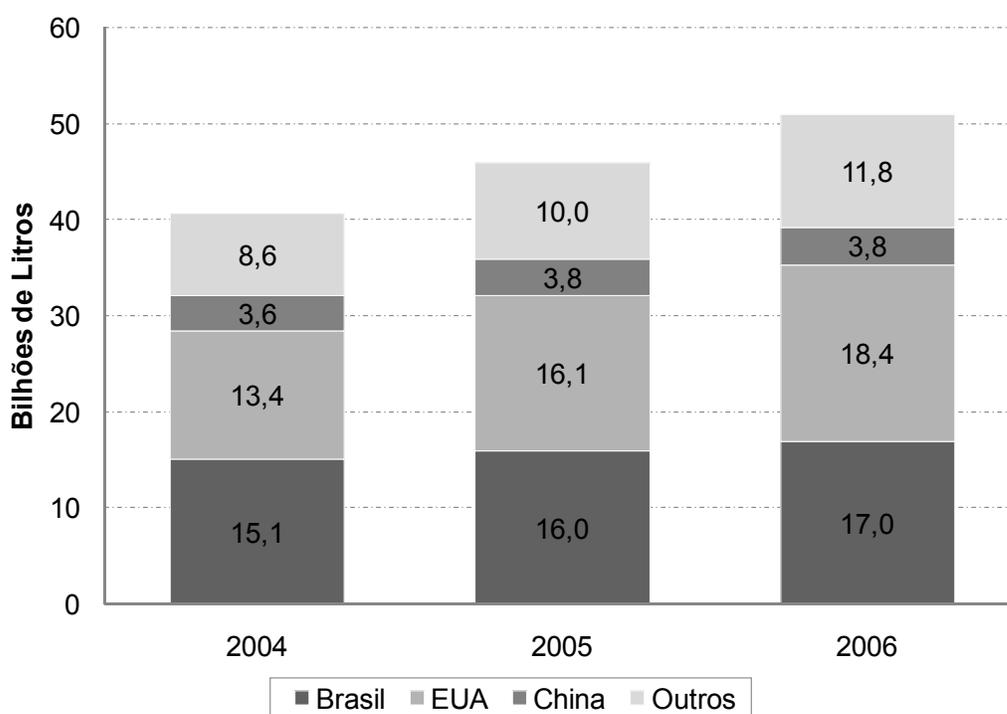


Figura 1 – Evolução da produção mundial de álcool e principais produtores

Fonte: Elaborado a partir de F.O. Licht (apud RENEWABLE FUELS ASSOCIATION – RFA, 2007)

A Tabela 1 resume o estágio dos programas de álcool, a fase de produção e as matérias-primas utilizadas em alguns países.

O comércio internacional de álcool ainda enfrenta grandes barreiras comerciais em vários países. A redução dessas barreiras, incluindo na questão, a definição de um padrão internacional do produto, poderia permitir aos países competitivos na exportação de álcool aumentar suas vendas, além de possibilitar que vários países potencialmente

importadores atingissem os objetivos ambientais que fundamentam várias de suas políticas nacionais de biocombustíveis (VON LAMPE, 2006).

Tabela 1 – Estágio dos programas de utilização de álcool no mundo

PAÍS	ESTÁGIO
Brasil	Exige 25% de mistura à gasolina atualmente (legislação permite percentual entre 20% e 25%).
Estados Unidos	Percentual de até 10% em alguns estados, como é o caso da Califórnia, Nova York e Minnesota.
União Européia	Propõe 2% de mistura, aumentará para 5,75% em 2010 e a meta é de 10% em 2020.
Canadá	Exige 5% de adição em alguns, com meta de estender a todo país em 2010.
Japão	Já instituiu 3% de mistura voluntária, que deve aumentar para 10% em 2010.
Índia	Exige 5% de mistura na gasolina. Objetivo é ter um modelo parecido com o do Brasil (entre 20% e 25%).
Colômbia	Exige 10% de mistura em grandes cidades desde setembro/05.
Tailândia	Exige mistura de 10% em todos os postos de gasolina de Bangkok.
China	Exige vários percentuais de mistura em várias províncias, chegando a 10%.
Argentina	Pretende implementar 5% de mistura nos próximos 5 anos.

Fonte: Elaborado a partir de Paulillo et al. (2007) e Walter et al. (2007)

Um exemplo claro das distorções causadas por essas políticas nacionais é a política comercial para importações de álcool dos EUA do Caribbean Basin Economic Recovery Act – CBERA, que via Caribbean Basin Initiative – CBI, define regras de importação livre de impostos para o álcool combustível produzido por esses países. Tal acordo de preferência comercial tem fomentado o desenvolvimento de plantas de desidratação de álcool nos países do CBERA que utilizam o álcool vindo basicamente do Brasil, o qual não pode ser diretamente exportado para os EUA (YACOBUCCI, 2006b). Esse procedimento de exportação é tão recorrente nos países do CBERA, que no acordo comercial de sua constituição, se definiu que caso a produção de álcool dos países do CBERA utilize menos de 50% de matéria-prima local há restrições na quantidade máxima de exportações livres de impostos aos EUA. Essas restrições são de exportações em até

60 milhões de galões ou 7% do consumo anual dos EUA, o que for maior (ELOBEID; TOKGOZ, 2006).

Na Figura 2 se apresenta a evolução das exportações mundiais de álcool combustível e principais países ou blocos exportadores do ano de 2006. Nesta figura pode-se verificar a importância do Brasil como o principal exportador mundial de álcool<sup>3</sup>.

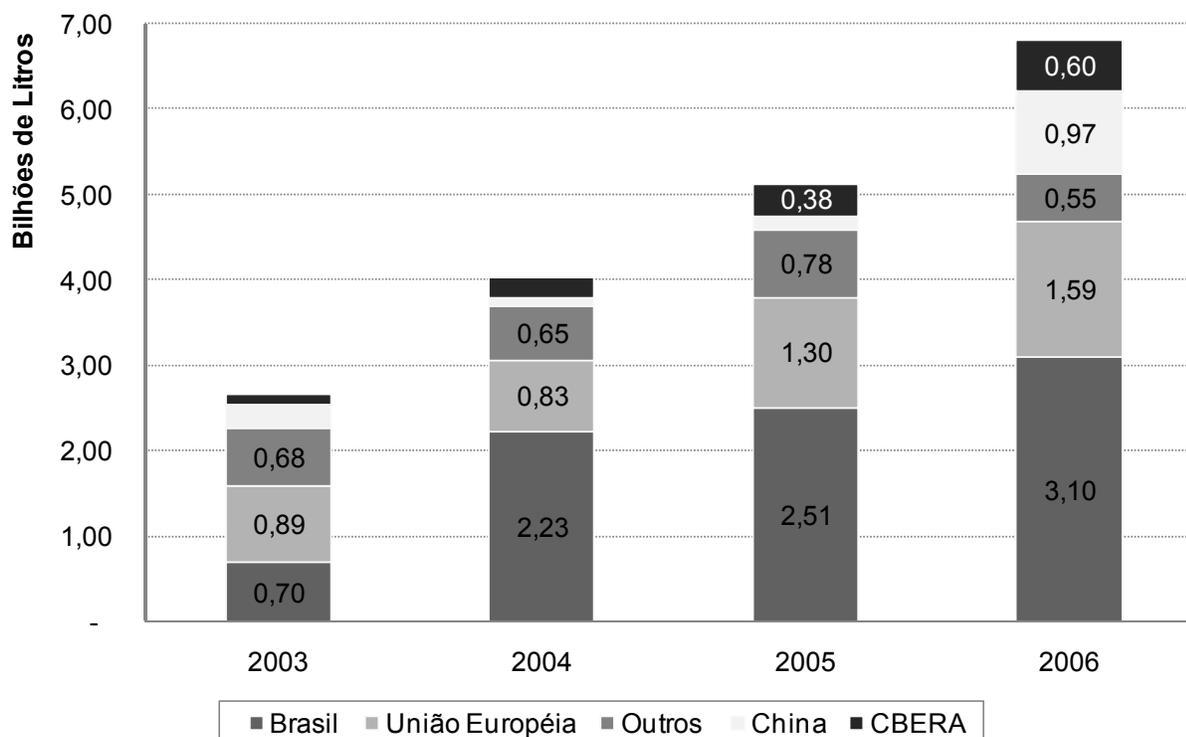


Figura 2 – Evolução das exportações mundiais de álcool (2003 a 2006) por principais países e blocos exportadores

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNITED NATIONS – UN (2007)<sup>4</sup>

Na Figura 2 também se verifica o aumento das exportações dos países do CBERA nos anos mais recentes, como reflexo dos acordos de preferências comerciais com os EUA, principal importador mundial de álcool combustível. A União Europeia segue os EUA

<sup>3</sup> O álcool combustível é mais bem classificado pelo código de *commodity* 220710 no COMTRADE.

<sup>4</sup> Para o cálculo dos volumes anuais de exportação, em litros, a densidade do álcool combustível considerada foi 0,8 kg/litro. Os volumes de exportações anuais foram calculados como o maior valor entre os campos peso líquido (dividido pela densidade) e quantidade negociada (dividido pela densidade, quando a unidade de medida fosse peso) dos dados de UN (2007). Nos casos em que ocorreram discrepâncias grandes entre esses valores, se optou pelo valor que mantivesse a razão entre os campos valores de negócio e volume de exportação mais próxima da sua média histórica para o país exportador.

como segundo maior importador mundial, seguida pelo próprio CBERA e Japão, respectivamente. Sobre as exportações da União Européia, há de se destacar que elas possuem como principal destino os próprios países da região, também importantes importadores. Em relação ao CBERA, destaca-se que seu balanço entre exportações e importações é quase nulo, o que comprova as informações de Elobeid e Tokgoz (2006). Uma última observação é sobre o aumento do volume de exportações de países secundários, o que ressalta o aumento de diversidade de países produtores e contribui para o desenvolvimento do álcool combustível como uma *commodity* de âmbito mundial (UN, 2007).

Destacando os reais efeitos ambientais da utilização do álcool como combustível, Macedo et al. (2004)<sup>5</sup> determinaram os resultados líquidos do balanço energético e de emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE no ciclo completo de produção do álcool de cana-de-açúcar e no seu uso como combustível no setor de transporte. Os autores calcularam que a relação entre a energia produzida e consumida na produção de álcool combustível, a partir da cana, é de 8,3 para a média de consumo de energia e insumos atual. Para os casos atuais com melhor uso de tecnologia, os quais poderão ser a prática comum em médio prazo, essa relação energética é de 10,2. Os autores calcularam também que, na média, as emissões de GEE evitadas com a substituição da gasolina pelo álcool são de 2,6 e 1,7 kg de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) por litro de álcool anidro e hidratado respectivamente. Para esses cálculos os autores consideraram: o balanço entre as emissões de GEE causadas pelo consumo de combustíveis fósseis no plantio, colheita, transporte e processamento da cana-de-açúcar; as emissões de GEE evitadas ao se substituir a gasolina pelo álcool; e que no ciclo de fotossíntese da cana-de-açúcar é fixado no solo todo o carbono liberado como CO<sub>2</sub> nas etapas de produção da cana-de-açúcar, produção industrial e consumo do álcool combustível.

O estudo de Macedo et al. (2004) também aponta que o balanço energético do álcool produzido a partir da cana-de-açúcar é significativamente mais eficiente que os das outras matérias-primas utilizadas para produção do álcool combustível, como a beterraba na União Européia e o milho nos EUA. A relação entre energia produzida e energia

---

<sup>5</sup> Pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP e do Centro de Tecnologia Copersucar – CTC/COPERSUCAR, em relatório de estudo para a Secretaria do Meio Ambiente do Governo de São Paulo, feito a partir de dados coletados pelo CTC/COPERSUCAR.

consumida para produção de álcool a partir destas duas últimas matérias-primas é de aproximadamente 2 e 1,3 respectivamente. Além disso, o custo de produção do álcool combustível no Brasil ao se utilizar como matéria-prima a cana-de-açúcar é quase dois terços do custo de produção utilizando milho nos EUA e 40% do custo de produção utilizando a beterraba na União Européia (JANK, 2007b).

### 2.1.2 No Brasil

Bacchi (2006c) relata que a remuneração atrativa obtida pelos produtores brasileiros de açúcar e álcool motivou novos investimentos na indústria canavieira. Esse ambiente do setor ocorreu devido ao aumento da demanda no mercado interno, causada pelo preço favorável do álcool em relação à gasolina, o que induz o maior consumo de álcool nos carros bicombustíveis; e, também, pelas exportações brasileiras de álcool, que cresceram de forma expressiva nos últimos anos.

As Figuras 3 e 4 apresentam a evolução anual da produção e consumo brasileiro de álcool combustível nesta década.

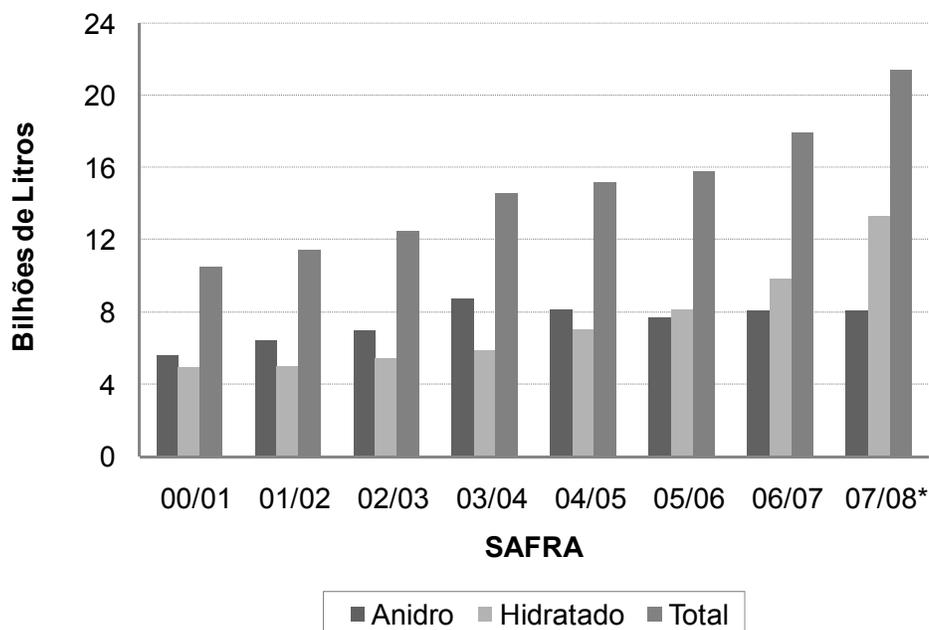


Figura 3 – Evolução da produção anual brasileira de álcool combustível

Fonte: Brasil (2008a)

\*Dados de produção até 1 jan. 2008.

Nota-se pela Figuras 3 e 4 o crescimento de quase 100% da produção e consumo de álcool combustível ao longo da década e a tendência de aumento de participação do álcool hidratado na produção e consumo. Essa evolução claramente representa o fenômeno relacionado ao sucesso de vendas dos carros bicombustíveis. A Figura 5 apresenta a evolução das exportações anuais brasileiras em volume e valores nominais.

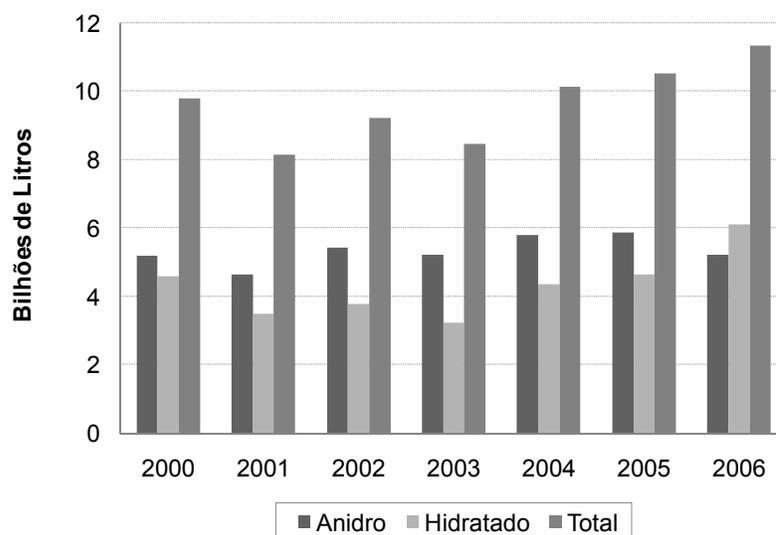


Figura 4 – Evolução do consumo anual de álcool combustível no Brasil (2000-2006)

Fonte: ANP (2007a)

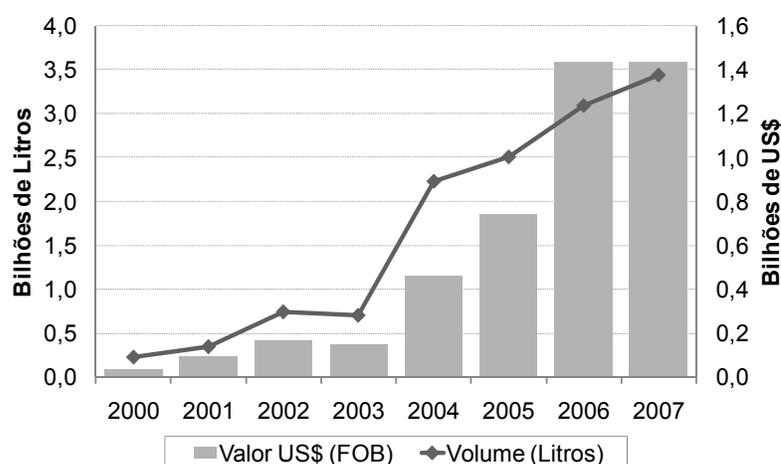


Figura 5 – Evolução das exportações anuais brasileiras de álcool (2000-2007)

Fonte: Brasil (2008d)

Nota: Elaborado ao se considerar o campo peso líquido (kg) de Brasil (2008d), densidade do álcool igual a 0,8 kg/L (densidade média entre a densidade do álcool anidro e do álcool hidratado) e valores nominais em US\$.

Para Bacchi (2006), neste cenário otimista causado pelas boas perspectivas de mercado, algumas reflexões se fazem necessárias. Com o grande interesse pela utilização do álcool combustível, é possível que venham a surgir, rapidamente, novos concorrentes do Brasil no mercado internacional do produto. Além disso, vale lembrar que bons preços de açúcar e álcool motivam a expansão da indústria canavieira brasileira, assegurando rentabilidade mesmo para agentes pouco eficientes. Entretanto, em um cenário de longo prazo de oferta crescente, a não ser que a demanda por esses produtos continue aumentando na mesma proporção, são esperados preços menores. Dessa forma, boas margens de rentabilidade só serão garantidas se houver aumentos de produtividade obtidos por meio do uso de novas tecnologias desenvolvidas a partir de investimentos em pesquisas na área agrícola, industrial e na remoção de entraves associados ao setor de logística.

Outro fator importante, citado por Torquato (2005), para o aumento de competitividade do setor sucroalcooleiro brasileiro e fomento às exportações, é a padronização do álcool combustível. Por meio da comparação dos padrões de especificação de álcool de diferentes países (Brasil, EUA, Canadá, Suécia e Polônia), Szwarc (2006) apresenta as grandes diferenças entre o álcool combustível comercializado em cada um desses países. O autor ressalta que essa diferença de especificação, além de aumentar custos de comércio, também é prejudicial à expansão de mercado do produto e sugere que organismos internacionais de padronização apoiem a definição de uma especificação e unidade de medida comum ao álcool combustível dos diferentes países. Para Torquato (2005) e Szwarc (2006) a determinação de um padrão de álcool combustível possibilita a existência de garantias técnicas ao comprador do produto. Isso contribuiria com uma segurança maior à negociação e tornaria possível o aumento no número de compradores e de negócios de álcool combustível, uma vez que transformaria, de fato, esse o produto em uma *commodity*. Torquato (2005) também considera relevante a participação da Petrobrás como intermediadora e avalista na compra e na venda do álcool combustível para exportação, uma vez que isso gera uma garantia adicional ao importador do álcool combustível brasileiro.

## **2.2 Organização do mercado de álcool brasileiro**

### **2.2.1 Principais agentes na cadeia de álcool brasileira**

Nas atribuições diretas do governo brasileiro sobre o mercado de álcool se observa a atuação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, da Agência Nacional do Petróleo – ANP e da empresa estatal Petrobrás, detentora da maior rede de infra-estrutura de distribuição do álcool combustível no país.

Strapasson<sup>6</sup> explica que o MAPA é o responsável pelo acompanhamento das fases agrícola e industrial da produção de álcool, enquanto à ANP competem às fases de distribuição e consumo do combustível (informação pessoal).

ANP (2005) declara que a finalidade desta agência é a de promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis. Algumas atribuições da ANP são a de programar a política nacional de petróleo, gás natural e biocombustíveis, contida na política energética nacional. Além disso, a agência deve procurar enfatizar a garantia do suprimento desses produtos em todo o território nacional com o objetivo de proteger os interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta de produtos. Na ANP a Superintendência de Abastecimento – SAB é a responsável por consolidar e atualizar a regulação do abastecimento nacional de combustíveis e em assegurar a efetivação de atribuições legais da agência conforme políticas de governo e transformações ocorridas no mercado. A SAB é a responsável por autorizar as atividades de distribuição de combustíveis de vendas varejistas de combustíveis automotivos e de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), Transportadores Revendedores Retalhistas – TRR<sup>7</sup> e a importação e exportação de combustíveis.

A participação da Petrobrás no mercado de álcool combustível é feita via suas subsidiárias integrais, a distribuidora de combustíveis BR e a empresa de Logística e Transporte do Brasil, Petrobrás Transporte S.A. – TRANSPETRO. A BR Distribuidora é a maior distribuidora de combustíveis do país, responsável por aproximadamente um terço do mercado de combustíveis (SINDICOM, 2006a) e um sexto do mercado de álcool hidratado (ANP, 2007c). Já a TRANSPETRO<sup>8</sup>, criada com a reestruturação do setor de petróleo no país, é a grande detentora da infra-estrutura brasileira de transporte de

---

<sup>6</sup> STRAPASSON, A.B. **RES: acesso dados sobre álcool**. Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 13 nov. 2006.

<sup>7</sup> Agente cuja atividade caracteriza-se pela aquisição de produtos a granel e sua revenda a retalho, com entrega no domicílio do comprador (MALIGO, 2005).

<sup>8</sup> TRANSPETRO. **A empresa**. Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br/português/empresa/transpetro/transpetro.shtml>>. Acesso em: 30 nov. 2006.

combustíveis. A empresa fundamentalmente presta serviços às distribuidoras nas atividades de transporte e armazenagem de combustíveis derivados de petróleo, álcool e gás natural. Para prestação desses serviços, a TRANSPETRO opera uma frota de 53 navios, 11 mil quilômetros de malha dutoviária, 44 terminais (20 terrestres e 24 aquaviários) cuja capacidade de armazenagem de combustíveis derivados de petróleo e álcool é de aproximadamente 4,15 milhões de m<sup>3</sup> (ANP, 2007c).

A produção do álcool combustível no Brasil é feita basicamente em plantas industriais processadoras de cana-de-açúcar. Historicamente essas indústrias são denominadas de usinas, quando produzem açúcar ou açúcar e álcool (uma herança do PROÁLCOOL atualmente menos comum é a de classificar essas unidades como usinas com destilaria anexa) ou de destilarias, quando se dedicam exclusivamente à produção de álcool.

De acordo com o cadastro do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2007c), em novembro de 2007 existiam 370 unidades produtoras de açúcar e álcool no país, 240 eram usinas (ou usinas com destilaria anexa), 115 destilarias e 15 eram usinas produtoras apenas de açúcar, às vezes chamadas de açucareiras. Como o processamento de cana-de-açúcar demanda um intenso fluxo de transporte, de carga de baixo valor agregado e altamente perecível, as usinas e destilarias sempre estão localizadas ao lado das plantações de cana. Dessa forma, as unidades produtoras de açúcar e álcool estão distribuídas em 303 municípios brasileiros e, mais especificamente, as unidades produtoras de álcool combustível em 283 municípios<sup>9</sup>. Oliveira (2005) comenta que a cana é transportada do campo para a indústria geralmente em treminhões e descarregada diretamente nas esteiras que alimentam as moendas, pois a cana é perecível e deve ser consumida no processo produtivo em, no máximo, 48 horas. com intuito de obter os melhores índices de açúcar recuperável da cana, as usinas trabalham 24 horas por dia, 7 dias por semana no período de safra. Nos demais meses a linha de produção é desmontada e faz-se manutenção dos equipamentos. Esta sazonalidade traz características especiais para o transporte e para a armazenagem dos produtos derivados da cana, como o álcool combustível.

Na Figura 6 se apresenta a distribuição espacial das unidades produtoras de açúcar e álcool no país em operação e em construção. Nesta figura também se detalha

---

<sup>9</sup> Elaborado a partir de Brasil (2007c).

informações sobre quantidade de unidades em operação por tipo de produção e região, produção agregada de álcool combustível por região, nacional e crescimento da percentual da produção em relação ao ano anterior. Na Figura 6 também pode se perceber a alta concentração da produção de álcool na região Centro-Sul, principalmente no estado de São Paulo. Esse estado é responsável por aproximadamente 60% da produção brasileira dos dois tipos de álcool combustível<sup>10</sup> e conta com 177 unidades produtoras de açúcar e álcool, das quais apenas 5 produzem somente açúcar (BRASIL, 2007c).

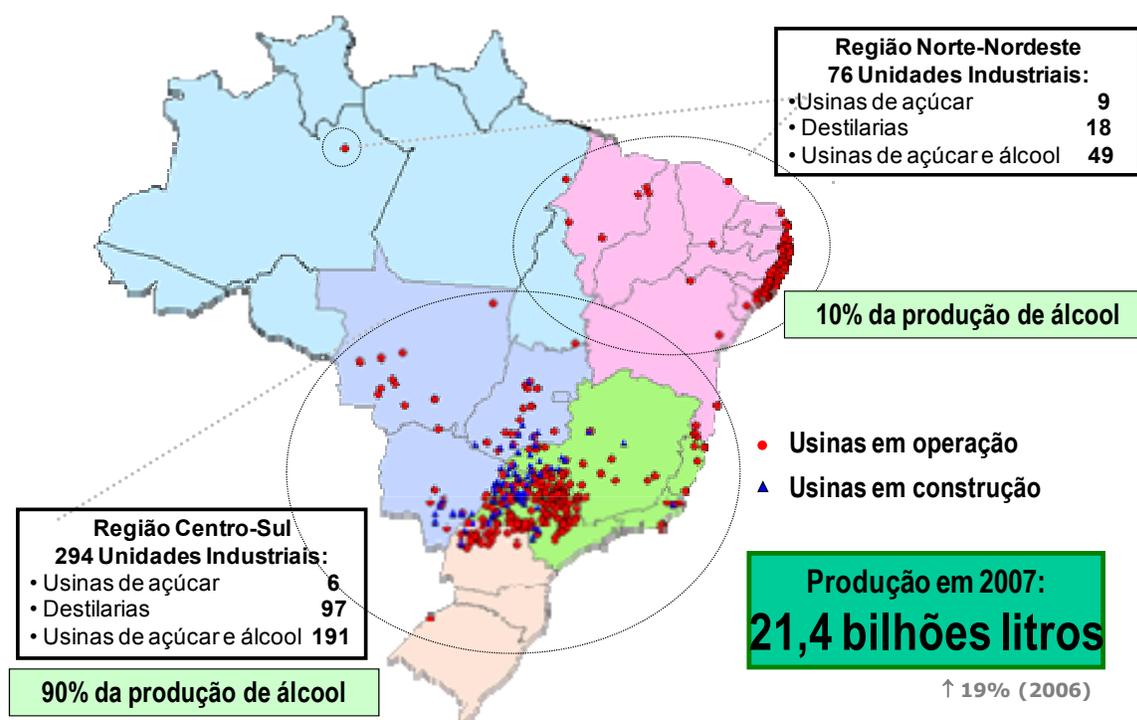


Figura 6 – Localização das unidades produtoras de açúcar e álcool brasileiras em operação e em construção, informações sobre quantidade de unidades em operação por tipo de produção e região, produção agregada de álcool combustível por região e nacional e crescimento percentual da produção em relação ao ano anterior

Fonte: Adaptada Arraes (2007), Brasil (2007c, 2008a, 2008b, 2008c).

<sup>10</sup> Cálculos realizados a partir dos dados fornecidos por Departamento Cana-de-Açúcar e Agroenergia da Secretaria de Produção de Agroenergia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – DAA-SPA-E-MAPA. FAUSTINO JÚNIOR, M. **Produção Sucoalcooeira – Safra 2006/2007**. Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 3 set. 2007.

Quanto ao abastecimento dos postos revendedores de combustíveis, o art. 8º da portaria nº 116, de 5 de julho de 2000 da ANP, que regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo (BRASIL, 2000), determina que exclusivamente as distribuidoras de combustíveis possam suprir esses postos. Segundo essa legislação, não é permitido o fluxo direto de distribuição de álcool combustível entre usinas e clientes finais no mercado interno.

As distribuidoras são agentes fundamentais na cadeia de suprimento de combustíveis, uma vez que atuam na aquisição, armazenamento, transporte, comercialização e o controle da qualidade dos combustíveis líquidos. Dessa forma, essas empresas permitem que o mercado seja adequadamente e economicamente suprido. Isso é possível, devido às economias de escalas permitidas pela consolidação de cargas nas bases de distribuição, as quais geralmente estão localizadas em pontos logísticos estratégicos, de onde fazem uso dos modais de transporte mais apropriados. Sobre a atividade de distribuição de combustível, a ANP (2007b) indicava a existência de 247 distribuidoras autorizadas (20 sob decisão judicial, já que a ANP estavam em processo de cassação de suas licenças devido a irregularidades) em novembro de 2007. Essas distribuidoras operam em 536 bases de distribuição de combustíveis, localizadas em 127 diferentes cidades (116 contam com tanques de distribuição de álcool hidratado e de óleo diesel, 108 com gasolina A e álcool anidro e 29 com tanques de gasolina C)<sup>11</sup>. Dessas bases, os combustíveis são distribuídos aos 34.709 postos revendedores do país, aos 752 TRR e aos grandes consumidores (ANP, 2007c). Os números representativos dos agentes envolvidos na cadeia do álcool combustível são sumarizados no Quadro 1, e a distribuição espacial no território nacional das bases de distribuição na Figura 7.

PRODUÇÃO	DISTRIBUIÇÃO	VAREJO	CONSUMIDOR
355 Unidades produtoras de álcool	247 Distribuidoras	34.709 Postos Revendedores 752 Transportador Revendedor Retalhista	Grandes Consumidores Consumidores Rurais Pequenas Empresas Caminhoneiros Automobilistas

Quadro 1 – Números do setor de abastecimento e logística de álcool combustível

Fonte: Adaptado de SINDICOM (2006b)

<sup>11</sup> Cálculos realizados a partir dos dados do Sistema de Movimentação de Produtos – SIM-P da ANP. STEENHAGEN, M.M. **Res: ENC: Solicitação de dados.** Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 15 mai. 2007.



Figura 7 – Distribuição espacial das bases de distribuição no país

Fonte: Soares (2003)

### 2.2.2 Formação de preços do álcool no Brasil

Marjotta-Maistro e Barros (2002) explicam que no período em que os preços do álcool combustível, da cana e do açúcar eram fixados, o Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA utilizava-se de uma metodologia baseada no levantamento dos custos de produção desses produtos para formação dos seus preços. A partir dos preços do açúcar cristal *standard* eram determinados os preços básicos do álcool ao se estabelecer um valor de paridade entre açúcar e álcool em uma usina com destilaria anexa. A paridade era fixada por portarias do então Ministério da Indústria e do Comércio e das Minas e Energia. A partir desse valor, derivavam-se os valores de paridade do álcool anidro e hidratado.

O preço final do álcool ao consumidor era formado a partir dos preços pagos aos produtores, acrescidos dos custos de frete e impostos. Especificamente no caso do álcool anidro, havia um diferencial entre o custo do álcool anidro posto no centro de mistura e o seu preço de faturamento nesse centro. Esse diferencial era recolhido pela Petrobrás (responsável por toda a aquisição de álcool anidro) e utilizado para a manutenção de estoques estratégicos de álcool.

Marjotta-Maistro e Barros (2002) relatam que os preços do álcool anidro e hidratado ao produtor foram liberados a partir de maio de 1997 e fevereiro de 1999, respectivamente; a partir de janeiro de 2002 o setor de combustíveis passou a operar totalmente sob livre mercado, sem nenhuma regulamentação do governo.

No período anterior à liberalização dos preços dos combustíveis, a estrutura de formação dos preços dos produtos do setor tinha o objetivo básico de propiciar a cobertura dos custos dos agentes econômicos envolvidos na produção, distribuição e comercialização dos combustíveis. A apuração dos custos se dava por intermédio de despesas de custos de matéria-prima (em função do preço do petróleo no mercado internacional da taxa de câmbio), despesas com pessoal, custos variáveis de acordo com a conjuntura interna do país e remuneração dos capitais investidos no setor.

O preço da Gasolina A<sup>12</sup> pago pelas distribuidoras era fixado pelo governo (o chamado preço de portaria) e calculado a partir da apuração de custos de produção, impostos mais uma parcela chamada de Parcela de Preço Específica. A Parcela de Preço Específica era arrecadada pelo Tesouro Nacional e utilizada para manter a estabilidade de preços dos combustíveis, ao evitar que variações repentinas no preço do petróleo no mercado internacional e no câmbio fossem repassadas de imediato aos preços internos. De posse da gasolina A, a distribuidora compunha o preço da gasolina C ao considerar os percentuais de mistura de álcool anidro (fixados pelo governo e que vêm se alterando ao longo do tempo), em função do preço do álcool e da expectativa da produção do combustível no mercado.

Segundo Maligo (2005), o processo de desregulamentação do setor de combustíveis promoveu o incentivo à entrada de novos agentes e o deslocamento da atuação governamental para as atividades de regulação. No setor de distribuição, a principal modificação foi o fim da chamada estrutura de preços. A partir da estrutura de preços o governo podia estabelecer um preço uniforme para os combustíveis em todos os postos do Brasil, independente de sua distância à base de distribuição supridora ou da complexidade da cadeia de suprimentos desde a região produtora. A estrutura de preços baseava-se no sistema de ressarcimento de fretes, que funcionava como um fundo de compensação em que todos os fretes eram ressarcidos às distribuidoras pelo governo, que por sua vez recolhia uma alíquota incidente no preço dos combustíveis para compor

---

<sup>12</sup> Gasolina A representa a gasolina pura sem a adição de álcool anidro.

a receita deste fundo. Esta alíquota era maior em regiões próximas dos produtores e menor nas regiões mais distantes, comportando-se de forma inversa ao custo do frete, obtendo-se, portanto, um custo final uniforme em todo o território nacional. Assim sendo, o consumo das regiões mais próximas aos produtores subsidiava o consumo das regiões distantes. Segundo Araújo (2006), assim como os custos de fretes, os custos com armazenagem e estoques também eram ressarcidos às distribuidoras pelo governo.

Também segundo Maligo (2005), a estrutura de preços trazia embutida a necessidade de fixar rotas e modais de transporte, para que o governo controlasse os ressarcimentos dos fretes. Com esse intuito, o Departamento Nacional de Combustíveis – DNC – extinto com a criação da ANP segundo Moraes (2000) – fixava os municípios de origem e destino autorizados. Isso correspondia a determinar a localização das bases de distribuição de combustíveis, uma vez que uma base que não estivesse localizada em município autorizado não teria o direito ao ressarcimento dos fretes correspondentes à sua movimentação, tornando sua operação economicamente inviável. A existência da estrutura de preços desestimulava o desenvolvimento da logística nas distribuidoras, uma vez que a localização da infra-estrutura era determinada pelo governo, assim como o preço final dos produtos. Araújo (2006) acrescenta que a atividade de logística nas distribuidoras (e usinas) ganhou importância apenas após os custos logísticos deixarem de ser ressarcidos pelo governo e passarem a fazer parte da formação de preços dos combustíveis; logo a eficiência logística passou a ser um diferencial na competitividade entre as distribuidoras de combustíveis e as usinas.

Atualmente, no ambiente de livre mercado, após a desregulamentação dos combustíveis, os preços (desconsiderando margens de lucro) são formados, segundo ANP (2006) e SINCOPE (2007), basicamente pelos custos de aquisição da matéria prima (petróleo e/ou álcool), impostos e custos de transporte. A Tabela 2 ilustra a composição de custos nas distribuidoras de combustíveis do estado de São Paulo.

Tabela 2 – Composição de custos\* do litro de combustível nas distribuidoras

GASOLINA (1)	R\$	% do preço final	ÁLCOOL	R\$	% do preço final
Preço de compra do litro de gasolina A na refinaria	1,00360	37,6%	Preço de compra do litro de álcool hidratado na usina	0,74991	73,8%
CIDE	0,28000	10,5%			
PIS	0,04658	1,7%	PIS	0,01372	1,3%
CONFINS	0,21502	8,1%	CONFINS	0,06334	6,2%
ICMS	0,80531	30,2%	ICMS	0,14096	13,9%
Frete de coleta do álcool anidro	0,04500	0,6%	Frete de coleta do álcool hidratado	0,04500	4,4%
Preço de compra do litro de álcool anidro da usina	0,87722	11,0%			
CPMF	0,00766	0,4%	CPMF	0,00385	0,4%
TOTAL	2,00110	100%	Total	1,01678	100%

Fonte: SINCOPEPETRO (2007)

Nota: \* Custos médios do dia 23 de novembro de 2007.

(1) Composição da gasolina, em volume, nessa data: 75% gasolina A e 25% álcool anidro.

Na formação de preço de combustíveis no país deve-se destacar a Lei nº 10.336 de 19 de dezembro de 2001, que instituiu a Contribuição de Intervenção sobre o Domínio Econômico – CIDE. Esta contribuição é incidente sobre a importação e a comercialização de combustíveis e substituiu a chamada Parcela de Preços Específica. A CIDE prevê que uma parcela do montante arrecadado deve ser destinada ao pagamento de subsídios a preços ou transporte de álcool combustível; ao financiamento de projetos ambientais relacionados com a indústria de combustíveis; e ao financiamento de programas de infraestrutura de transportes.

Planos de projeto para o financiamento de programas de infra-estrutura de transportes, com os recursos da CIDE, começaram a ser desenvolvidos a partir da resolução nº 24, de 12 de setembro de 2002 (BRASIL, 2002a), quando foi instituído o programa de financiamento de estocagem de álcool combustível na safra 2002/2003. Esse plano objetivava implementar um programa de estocagem de álcool combustível,

com garantia em produto, para estimular um incremento da produção de álcool e a formação de estoques suficientes para assegurar a regularidade do abastecimento no período da entressafra. O plano consistiu basicamente da abertura de um programa de crédito de R\$ 500 milhões de reais destinado a usinas, destilarias e cooperativas de produtores de álcool. Essas empresas poderiam financiar até 60% da quantidade física mantida em seus estoques entre os meses de setembro e outubro de 2002, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste; e nos meses de novembro e dezembro do mesmo ano, nas regiões Norte e Nordeste. Posteriormente essa resolução foi alterada (BRASIL, 2002b) para prolongar o prazo de contratação de financiamento até dezembro de 2002 para todas as regiões do país. Segundo Job<sup>13</sup> esse prolongamento de prazos ocorreu porque os recursos só foram liberados, via Banco do Brasil, a partir do final de outubro quando a maioria das unidades do Centro-Sul já havia encerrado a moagem. Em seguida, no final de novembro, os preços já começaram a subir o que levou o Ministério da Fazenda a suspender a liberação de recursos, que no total se restringiu a R\$ 115,4 milhões (informação pessoal).

Nas safras dos anos seguintes (2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006) também foram instituídas novas resoluções de programas de financiamento de estocagem de álcool combustível, com a alteração da alíquota inicial de financiamento para até 30% da produção da safra do ano anterior e limite de 60% do total estocado (BRASIL, 2003a). Nos programas de financiamento das safras de 2004/2005 e 2005/2006, o limite de financiamento de 60% do total estocado deixou de existir (BRASIL, 2004, 2005b). Nos anos de 2003 e 2004 foram aplicados praticamente todos os recursos via diversos agentes financeiros que operavam com a linha de crédito. Já em 2005 e 2006, os recursos não chegaram a ser liberados, caracterizando-se assim o fim desses programas.

Esses programas de incentivo ao armazenamento de álcool combustível procuraram também evitar os problemas de aumento de preço na entressafra da cana. Tal como destaca Anselmi (2006b), desse modo se poderia retirar a concentração de mercado do álcool comum na entressafra, quando as usinas mais capitalizadas, e que mantêm estoques de álcool, ganham poder de negociação devido ao pequeno grupo de produtores que continuam comercializando álcool combustível.

---

<sup>13</sup> JOB, L.C.M.A. Gestor Governamental do DAA-SPA-E-MAPA. **RES: Solicitação dados FINANCIAMENTO de estocagem de álcool.** Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 18 dez. 2006.

Sobre as variações de preços na entressafra, Bacchi (2006a) afirma que o aumento da participação do preço do produtor no preço do álcool no varejo em momentos de preços altos não configura evidência de poder de mercado por parte dos produtores que mantêm estoque na entressafra. A autora explica que a existência de uma margem fixa nos preços de comercialização do álcool combustível pode levar à transmissão não-integral das variações de preços do produtor para o varejo. Dessa forma, pode haver mudanças na porcentagem do preço final do álcool na bomba de combustível, relativa ao preço do álcool recebido pelo produtor.

Em outro estudo sobre formação de preços no setor sucroalcooleiro, considerando preços entre jul. 2001 a ago. 2004, Bacchi (2005) obteve resultados indicando que as variações do preço da gasolina C ao consumidor têm efeito imediato e de grande magnitude sobre o preço do álcool hidratado. Uma indicação de que esses combustíveis são bens substitutos. Outra constatação desse estudo é a baixa flexibilidade dos produtores em alterar suas proporções de produção de açúcar e álcool. Justificativas práticas para esse fenômeno, além das questões técnicas de produção, são a existência de contratos para fornecimento dos produtos e a garantia de abastecimento do mercado interno de álcool com objetivo de preservar a imagem do setor. A autora, entretanto, faz a ressalva de que, durante parte do período sob análise, houve interferências do governo no setor na busca por maior estabilidade de preços.

Marjotta-Maistro e Barros (2002) estimaram as equações de demanda por gasolina C, oferta de álcool anidro e gasolina A. Os autores calcularam as elasticidades de transmissão de preços desses produtos, para o período entre 1995 a 2000, considerando dados mensais para a região Centro-Sul. Os resultados relativos ao álcool mostraram inelasticidade com relação ao preço das ofertas de álcool anidro e que um aumento na demanda de gasolina C tende a aumentar o preço do álcool anidro mais que proporcionalmente ao preço da gasolina C. Já no caso de variações na oferta de gasolina A, os preços do álcool e da gasolina C tendem a variar em direções opostas. Nesse trabalho observou-se que os produtores do setor sucroalcooleiro utilizaram o mercado do açúcar para definição da composição do seu mix de produção, uma vez que esse produto possui mercado mais estável se comparado ao de álcool. Entretanto, segundo Bacchi<sup>14</sup>, recentemente, a definição do mix de produção deixou de ser feita em função do açúcar,

---

<sup>14</sup>BACCHI, M.R.P. **Seminário da proposta dessa dissertação**: LES-5880. Piracicaba, 7 dez. 2006.

devido ao aumento de mercado do álcool e conseqüente melhora do preço do combustível (informação verbal).

### **2.2.3 Fraudes, sonegação e ações de combate**

As distribuidoras de combustível associadas ao Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes – SINDICOM<sup>15</sup> são as que apresentam a maior participação na comercialização de álcool combustível no mercado interno. Até meados dos anos 1990, as 8 empresas associadas ao SINDICOM eram as únicas distribuidoras operando na comercialização de álcool no país. A partir de 1995, quando o setor dos combustíveis passou a ser gradativamente liberado, surgiram novas pequenas e médias distribuidoras com atuação regional (MALIGO, 2005). Com isso, a participação na comercialização de álcool (principalmente do hidratado) das grandes distribuidoras diminuiu. A queda de participação de mercado das grandes distribuidoras, segundo Marjotta-Maistro e Barros (2002), está relacionada à falta de organização e fiscalização, por parte do governo, no recolhimento dos impostos incidentes sobre o álcool combustível. Brasil (2003b) relata o depoimento do ex-presidente da UNICA, Sr. Eduardo Pereira de Carvalho, sobre a existência de uma suposta sonegação fiscal do setor alcooleiro em aproximadamente 35% dos tributos e contribuições devidos.

Nunes e Gomes (2005) relatam que concomitantemente ao aumento do número de distribuidores houve crescimento da adulteração de combustíveis e da sonegação de impostos. Como medida de combate a essas atividades, a ANP aumentou os requisitos para a criação de novas distribuidoras, como por exemplo, exigência de maior capacidade de armazenagem própria e de capital mínimo mais elevado para fazer frente aos impostos. Estes requisitos inicialmente obtiveram sucesso parcial em combater a sonegação e a adulteração, mas foram e ainda estão sendo contestados legalmente.

SINDICOM (2006c) indica que distorções afetam o mercado de álcool hidratado no estado de São Paulo, onde as duas principais distribuidoras do combustível em 2006

---

<sup>15</sup> As distribuidoras associadas ao SINDICOM hoje são: BR, Ipiranga, Shell, Chevron, Esso, AleSat, Repsol YPF, Petróleo Sabbá, Air BP, Castrol e FL Brasil, sendo que as três últimas comercializam apenas combustível de aviação e lubrificantes. Em 2006 foram classificadas respectivamente como 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup>, 23<sup>a</sup>, 41<sup>a</sup> e 70<sup>a</sup> maiores distribuidoras de álcool hidratado e 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> maiores distribuidoras de gasolina C, indiretamente de álcool anidro. Foram responsáveis, respectivamente por 15%, 10,6%, 8,4%, 6%, 3,9%, 0,9%, 0,3% e 0,1% das vendas de álcool hidratado no mercado interno e por 24,2%, 16%, 10,2%, 9,1%, 7,7%, 3,5%, 1,3% e 0,9% das vendas de gasolina C (SINDICOM, 2006a; ANP, 2007c).

eram distribuidoras pouco expressivas em âmbito nacional. Além disso, alguns postos de combustíveis paulistas possuíam preços menores ou iguais aos custos das distribuidoras (compra do combustível nas usinas, impostos, fretes e a margem de comercialização). As principais suspeitas para esse comportamento, segundo a reportagem, é a de que algumas distribuidoras lançam mão de artifícios para não recolher integralmente os tributos e algumas usinas realizam exportações fictícias. No último caso, o álcool seria comprado junto à usina e supostamente exportado, ficando na verdade no mercado interno (o produto destinado à exportação não recolhe impostos e poderia ser oferecido ao mercado em condições muito mais vantajosas). A reportagem conclui afirmando que a comercialização legal do álcool hidratado em 2006 foi estimada em cerca de 5,7 bilhões de litros – ANP (2007a) indicou 6,2 bilhões de litros – mas o mercado real é de quase 7,7 bilhões de litros. Essa diferença, de cerca de 2 bilhões de litros, é de álcool comercializado à margem da lei e das regras de mercado.

Para coibir essas práticas, muito já foi feito nos últimos anos pelas autoridades fazendárias federais e estaduais, pelos órgãos de fiscalização e pela ANP. Uma das medidas com objetivo de evitar problemas de sonegação e de adulteração de combustível, e que vêm contribuindo para a recuperação da participação de mercado das distribuidoras associadas, foi a determinação da adição, feita pelas usinas produtoras de álcool, de um corante de cor laranja a todo álcool anidro combustível produzido no país. Bragato e Marjotta-Maistro (2006) comentam que essa medida adotada pela ANP, em vigor desde 6 de janeiro de 2006, objetiva coibir a fraude chamada de “álcool molhado”. Essa fraude consiste em adicionar água ao álcool anidro, o qual deveria ser misturado à gasolina, no entanto, acaba sendo vendido como álcool hidratado nas bombas. A fraude do “álcool molhado” é possível porque sobre álcool hidratado incide uma alíquota de ICMS da qual o álcool anidro é isento. Além disso, a diferença básica entre o álcool anidro e hidratado está apenas na concentração máxima de água permitida em cada combustível (BRASIL, 2005a). Outras medidas de contenção à sonegação definem requisitos para cadastramento de fornecedor, comercialização e envio de dados de álcool etílico combustível para fins automotivos à ANP (BRASIL, 2006).

Como consequência das políticas de contenção à sonegação de impostos na comercialização de álcool, Fernandes (2007) relata a audiência ocorrida em 16 de agosto de 2007, na Comissão de Minas e Energia, em que diversos deputados e representantes

de produtores criticaram a resolução nº 7, de 7 mar. 2007 da ANP. Essa resolução estabeleceu que os postos só pudessem comercializar álcool vendido pela distribuidora de sua bandeira. Segundo a mesma comissão, apesar da limitação no número de distribuidoras evitar a sonegação fiscal e facilitar a fiscalização da qualidade do álcool vendido nos postos, tais medidas causam discrepâncias entre o preço do álcool praticado pelas usinas e o que chega ao consumidor. O aumento das margens de lucros das distribuidoras foi citado como uma das causas para essas discrepâncias de preços. Houve também críticas sobre a legislação restritiva que não autoriza o fluxo direto de distribuição de álcool entre usinas e clientes finais. Defenderam-se mudanças na legislação para permitir maior concorrência e eficiência no setor de distribuição de combustíveis, já que poucas empresas distribuidoras realmente possuem papel ativo no mercado de álcool (seis empresas distribuidoras dominam 40% do mercado), além disso, contam com respaldo legal para atuarem como intermediário nesse mercado. O "passeio" do álcool, caso em que o combustível vai de uma usina vizinha do consumidor até a uma distribuidora a centenas de quilômetros de distância e depois volta para o posto próximo ao consumidor foi citado como uma situação absurda provocada pela atual legislação. O assessor jurídico da UNICA, Francesco Giannetti, afirmou que se os impostos fossem recolhidos diretamente nas usinas, não haveria a sonegação tributária apontada pelo governo; logo não seria necessário adotar as regras de restrição do número de distribuidores de álcool. Giannetti defendeu a quebra do oligopólio de distribuidores como forma de reduzir o preço do álcool combustível ao consumidor (GIANNETTI, 2007).

Reportagem da Agência Estado (2007) relata a divulgação do SINDICOM referente ao aumento de 82% das vendas de álcool hidratado até final de outubro de 2007, em relação ao ano anterior. Na reportagem, o diretor de álcool do SINDICOM, Roberto Beck, declara que é claro o crescimento do consumo de álcool hidratado no país devido aos carros bicombustíveis. Entretanto, segundo ele, a maior parte deste crescimento ocorre devido ao combate à venda clandestina de álcool combustível, por distribuidoras ou usinas que não pagam os impostos. Beck informou também que o SINDICOM já responde por 46% do mercado de álcool, mas esse valor é muito inferior a participação dessas empresas nos outros mercados de combustíveis.

Como medida prática para a maturação de soluções no sentido das discussões relatadas por Fernandes (2007), artigo de Scaramuzzo (2007b) relata a articulação de

grupos de usinas para se tornarem distribuidoras de combustível. A estratégia é comercializar álcool hidratado nos postos de bandeira branca. Em uma das entrevistas resumidas no artigo, Roberto Ardenghy, diretor-superintendente de abastecimento da ANP, informou que dez grupos do setor já procuraram a ANP com o interesse em atuar como distribuidoras. Ardenghy afirma também que os investimentos para se ter uma distribuidora são ativos no valor de R\$ 1 milhão mais um tanque para armazenar 750 m<sup>3</sup> de combustível. O artigo relata também o lobby político promovido pela UNICA para que as usinas vendam para os postos sem precisar abrir uma nova empresa.

### 2.3 A logística do álcool brasileiro

Devidos aos custos inerentes das atividades de transportes e armazenagem, a competitividade de uma *commodity* como o álcool combustível, produto com pequeno valor agregado e baixa margem de lucro, se tornará tanto menor quando maiores forem as distâncias entre os centros consumidores e as regiões produtoras e quanto maiores forem os tempos de armazenamento necessários para o a manutenção do produto. Dessa forma, a tendência natural é que o consumo seja maior em regiões próximas aos centros produtores e em períodos próximos aos dos períodos de produção do produto.

O aumento das escalas de volumes transportados pode contribuir significativamente para a diminuição de custos de transporte, já que torna mais atraentes investimentos em obras de infra-estrutura em modais de transporte com maiores custos fixos e menores custos variáveis. A Figura 8 apresenta o modelo da matriz de transporte conceitual, proposta por Figueiredo (2006), relacionando volume e distância da rota com as melhores opções de modais de transporte de combustíveis.

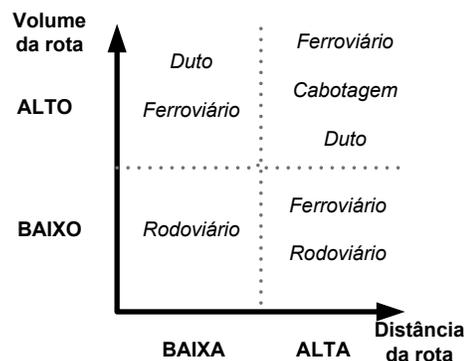


Figura 8 – Modelo conceitual da matriz de transportes

Fonte: Figueiredo (2006)

Figueiredo (2006) ilustra o impacto da falta de infra-estrutura de transporte no preço dos combustíveis com o exemplo do Quadro 2. Neste quadro se apresenta o aumento da participação do frete no preço do diesel na bomba quando se utiliza, devido a problemas de infra-estrutura, o modal de transporte rodoviário ao invés do ferroviário em um fluxo de transferência. O impacto dessa falta de infra-estrutura é considerável quando comparado às margens de lucros das distribuidoras. Segundo Fleury (2005), as margens de lucro dessas empresas variam entre 1,5% e 3% do seu faturamento bruto. Enquanto os custos logísticos significam, em média, 2,4% do faturamento bruto dessas companhias (67% desses custos referem-se ao transporte, 23% aos estoques e 10% aos custos operacionais).

CASO	ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA	MODAL	PARTICIPAÇÃO DO FRETE NO PREÇO DA BOMBA
1	Replan (Refinaria)	Paulínia (base primária)	80 m	Dutoviário	<b>2,8%</b>
	Paulínia (base primária)	S. J. do Rio Preto (base secundária)	419 km	Ferrovário	
	S. J. do Rio Preto (base secundária)	Barretos (cliente)	165 km	Rodoviário	
2	Replan (Refinaria)	Paulínia (base primária)	80 m	Dutoviário	<b>5,4%</b>
	Paulínia (base primária)	S. J. do Rio Preto (base secundária)	338 km	Rodoviário	
	S. J. do Rio Preto (base secundária)	Barretos (cliente)	165 km	Rodoviário	

Quadro 2 – Participação percentual do frete no preço do óleo diesel na bomba para um caso de transporte entre Paulínia – SP e Barretos – SP

Fonte: Figueiredo (2006)

As economias de escala no escoamento também contribuem para a criação de regiões concentradoras de carga, onde são mais nítidas as vantagens competitivas para, a armazenagem e fretes de retorno, fatores que contribuem com novas economias nos custos logísticos. Entretanto, atualmente, são baixas as escalas de transporte do álcool. As usinas estão pulverizadas no interior, localizadas em áreas agrícolas próximas às culturas de cana. Logo, o fluxo de distribuição do álcool, freqüentemente, possui sentido inverso ao da distribuição dos derivados de petróleo, sob a qual a infra-estrutura de transporte de combustível originalmente foi dimensionada e priorizada (MALIGO, 2005).

A grande importância da modalidade rodoviária no transporte de álcool combustível se deve em grande parte à sua competitividade, principalmente pelo fato de as usinas, isoladamente, não apresentarem escalas de produção que justifiquem a utilização de outras modalidades de transporte. Além disso, a localização de grande parte das usinas facilita o aproveitamento das viagens de retorno dos caminhões que fazem a transferência de combustíveis entre as refinarias e as bases de distribuição. Cabe ressaltar que modalidades de transporte como a dutoviária, a ferroviária e a hidroviária revelam baixos custos de transporte a longas distâncias, mas mostram-se menos competitivas em rotas de curta distância. Ademais, muitas vezes as unidades produtoras de álcool se situam afastadas das vias utilizadas por essas modalidades de transporte envolvendo, portanto, movimentação nas “pontas rodoviárias” e operações de transbordo adicionais, o que encarece e desestimula o uso dessas alternativas de transporte, deixando-as assim menos competitivas (XAVIER et al., 2008).

Como exercício numérico simples<sup>16</sup> para a verificação da pulverização da produção brasileira de álcool combustível quando comparada à de derivados de petróleo, pode-se observar que toda produção brasileira de álcool combustível é realizada em 355 unidades (BRASIL, 2007c); já toda a gasolina e óleo diesel são produzidos em 14 refinarias (ANP, 2007d). Além disso, a maior usina produtora de álcool hidratado na safra 2006-2007 produziu o equivalente a apenas duas semanas de produção de gasolina e uma semana de produção de óleo diesel da maior refinaria brasileira (UNICA, 2007; ANP, 2007d).

Ao se verificar os dados sobre a produção e consumo de álcool hidratado no Brasil nota-se a clara concentração de consumo próximo às regiões produtoras, ou seja, uma regionalização do consumo. No Quadro 3, pode-se observar a concentração de consumo nos estados produtores. Os quatro maiores estados consumidores de álcool hidratado na safra 2006-2007 também foram os principais estados produtores. Sozinhos eles corresponderam a 79% do consumo e 82% da produção nacional desse tipo de álcool, apesar de responderem por menos da metade da população e do Produto Interno Bruto – PIB do país.

---

<sup>16</sup> Algumas ressalvas do exercício numérico: não são consideradas questões relevantes como a tributária (NICOLAY, 2003) e a característica intrínsecas das unidades produtoras de álcool que possuem uma capacidade de produção limitada essencialmente pelos custos de transporte da cana (informação comum do mercado sucroalcooleiro, consolidada em conversa sobre custos de produção da cana em jul. 2007 com o Sr. Geraldo Majela de Andrade Silva, Assessor Técnico da Organização dos Plantadores de Cana da região Centro-Sul do Brasil – ORPLANA).

UF	HIDRATADO			ANIDRO			PIB (3) (milhões R\$)	População (milhões) (3)
	Produção (mil m³) (1)	Consumo (mil m³) (2)	Saldo (mil m³)	Produção (mil m³) (1)	Consumo (mil m³) (2)	Saldo (mil m³)		
SP	5.617	4.026	1.591	4.923	1.489	3.434	494,8	39,8
PR	914	542	372	396	349	47	99,0	10,3
MG	653	389	264	590	584	7	144,5	19,3
GO	436	265	172	377	186	190	36,8	5,6
RJ	57	226	(169)	29	349	(320)	190,4	15,4
SC	-	207	(207)	-	315	(315)	62,2	5,9
RS	6	165	(159)	-	403	(403)	128,0	10,6
PE	132	112	20	192	135	57	42,3	8,5
BA	30	102	(72)	65	213	(147)	73,2	14,1
DF	-	85	(85)	-	159	(159)	37,8	2,5
MT	442	72	370	305	76	229	22,6	2,9
CE	0	72	(72)	-	114	(114)	28,4	8,2
MS	394	69	325	206	67	138	19,0	2,3
ES	38	45	(7)	116	101	15	29,0	3,4
PB	157	42	115	131	60	71	13,7	3,6
RN	23	40	(17)	53	56	(3)	13,7	3,0
AL	345	38	306	280	36	244	10,3	3,0
MA	20	19	1	103	65	38	14,0	6,1
AM	5	17	(11)	-	72	(72)	28,1	3,2
TO	2	16	(13)	9	29	(20)	4,2	1,2
PI	11	15	(3)	39	43	(4)	7,3	3,0
SE	22	13	9	36	37	(0)	11,7	1,9
RO	-	12	(12)	-	39	(39)	8,5	1,5
PA	9	10	(1)	43	95	(52)	29,2	7,1
AC	-	4	(4)	-	12	(12)	2,7	0,7
RR	-	1	(1)	-	10	(10)	1,7	0,4
AP	-	1	(1)	-	14	(14)	3,1	0,6
<b>Brasil</b>	<b>9.313</b>	<b>6.604</b>	<b>2.710</b>	<b>7.893</b>	<b>5.109</b>	<b>2.785</b>	<b>1.556</b>	<b>183,9</b>

Quadro 3 – Produção, consumo e saldo de cada tipo de álcool combustível nas Unidades da Federação – UF brasileiras para o ano-safra canavieiro 2006-2007 (abril de 2006 a março de 2007)

Fonte: Elaborado a partir das fontes citadas nas notas.

- (1) Calculado a partir da diferença entre produção total e saídas de álcool para outros fins (não destinado a combustível de automóveis) das informações de produção da safra canavieira 2006/2007 disponibilizadas por FAUSTINO JÚNIOR<sup>17</sup> (informação pessoal).
- (2) Elaborado a partir de consumo de abr. 2006 a fev. 2007 de ANP (2007a) e estimativa de consumo de mar. 2007 calculada a partir de SINDICOM (2007)
- (3) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estados @**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat>>. Acesso em: 5 dez. 2007.

<sup>17</sup> FAUSTINO JÚNIOR, M. Analista do DAA-SPA-E-MAPA. **Produção Sucroalcooeira – Safra 2006/2007**. Mensagem recebida por <[ceox@esalq.usp.br](mailto:ceox@esalq.usp.br)> em 3 set. 2007.

A concentração de consumo é mais nítida, quando se compara a distribuição de consumo de álcool hidratado com a de álcool anidro entre os estados. Nesse caso, verifica-se que os principais estados produtores de anidro são os mesmos do hidratado, mas com um padrão de consumo distinto. Nota-se que a proporção de consumo de álcool anidro de cada Unidade da Federação em relação ao do país passa a ser próxima à sua participação no PIB brasileiro.

Sozinho, o estado de São Paulo é responsável por quase 60% da produção e do consumo de álcool hidratado do país, representatividade muito superior à sua participação na população e economia brasileira. Outro exemplo é o Estado do Rio de Janeiro, que no ano-safra canavieiro 2006-2007 apresentou consumo de álcool hidratado inferior ao do estado de Goiás, importante estado produtor de álcool hidratado, mas com apenas metade da representatividade fluminense na população e PIB do Brasil.

No Quadro 3 também chama a atenção o estado de Santa Catarina, que não possui nenhuma unidade produtora de álcool em seu território. Entretanto, seu consumo é 20% superior ao do seu estado vizinho, Rio Grande do Sul, o qual possui população e PIB quase duas vezes maior. Esse pode ser um indício do impacto de uma boa infra-estrutura e escala de transporte – o estado conta com dutos de transporte e importantes terminais para abastecimento da região Sul, tanto que o trecho de Araucária a Florianópolis é citado por Fleury (2005) como exemplo de rota com custos minimizados para o transporte de combustíveis – para o aumento da competitividade do álcool hidratado.

De forma semelhante à argumentação anterior, Souza (2006) destaca que o desenvolvimento da infra-estrutura de logística é importante tanto para o aumento do consumo como para o da produção. A necessidade de um plano estratégico para a expansão da infra-estrutura logística que atenda o álcool combustível é importante para favorecer o crescimento da indústria, uma vez que sistemas eficientes de logística reduzem custos e, conseqüentemente, preços finais do produto. A autora complementa afirmando que o desenvolvimento da infra-estrutura é importante também para integrar produtores e centros consumidores, permitindo o escoamento eficiente da produção, sem que ocorram excessos de produção e escassez do produto em áreas específicas.

Maligo (2005) destaca que atualmente, com o mercado de combustíveis desregulamentado e preços livres, as distribuidoras (e usinas) possuem total liberdade para utilizarem e estabelecerem a infra-estrutura e a logística que julgarem mais

adequadas. No entanto, como as grandes distribuidoras construíram sua malha de bases antes da liberação do mercado de combustíveis, quando os preços e rotas eram direta ou indiretamente determinados, esta malha foi mantida em sua maior parte.

### 2.3.1 Transporte e distribuição de álcool

Souza (2006) comenta que, ao término da primeira fase do PROÁLCOOL, os sistemas de transporte e distribuição do álcool mostravam-se inadequados para escoar a produção dos centros produtores aos centros consumidores. Foi necessária a construção uma rede de tanques de armazenagem e centros de coleta, além da criação de um sistema de transporte (dutos, ferrovias, rodovias, cabotagem) para transferir o álcool das usinas para os centros de coleta, e destes para as bases das distribuidoras. Dessa forma, se permitiu o escoamento da produção de álcool anidro (destinada à mistura a gasolina e a sua distribuição) e a do álcool hidratado em todo o território nacional.

Santos<sup>18</sup> (1993 apud Souza, 2006; Moraes, 2000) destaca que resolução do Conselho Nacional do Álcool – CNAL<sup>19</sup> de março de 1980 estabeleceu legislação sobre armazenamento, estocagem e transporte do álcool hidratado. Essa resolução determinava que o álcool combustível tivesse um sistema de transporte idêntico ao que dos derivados de petróleo. Os meios de transporte deveriam ser empregados de acordo com a seguinte ordem de prioridade: dutos, cabotagem, ferrovias e rodovias. As rodovias só deveriam ser utilizadas em distâncias inferiores a 300 km, uma política de planejamento não compatível com as necessidades de transporte.

Basicamente, a logística de abastecimento de álcool combustível no Brasil pode ser dividida em quatro etapas. No mercado interno, primeiramente o álcool sai das unidades produtoras (usinas e destilarias), passa pelas distribuidoras e terminais, segue para os postos revendedores onde é então vendido aos consumidores finais. Para o caso

---

<sup>18</sup> SANTOS, M.H.C. **Política e políticas de uma energia alternativa**: o caso do PROÁLCOOL. Rio de Janeiro: Notrya, 1993. 352 p.

<sup>19</sup> Moraes (2000) destaca que a regulamentação do PROÁLCOOL era responsabilidade das instituições:

- Conselho Nacional do Petróleo – CNP, responsável por regular a comercialização e distribuição do álcool combustível;
- Comissão Nacional do Álcool – CNAL, responsável pela normatização dos aspectos técnicos e econômicos do programa. Em 1979, essa Comissão foi substituída pelo Conselho Nacional do Álcool – CNAL, responsável pela formulação de políticas e diretrizes do programa, e pela Comissão Executiva Nacional do Álcool – CENAL, responsável pela execução das decisões do CNAL;
- Conselho Monetário Nacional – CMN e Banco do Brasil, encarregados dos aspectos financeiros do programa.

do mercado externo, pode haver a importação do combustível ou a exportação pelas usinas e distribuidoras. A Figura 9 representa essas etapas e seus respectivos fluxos.

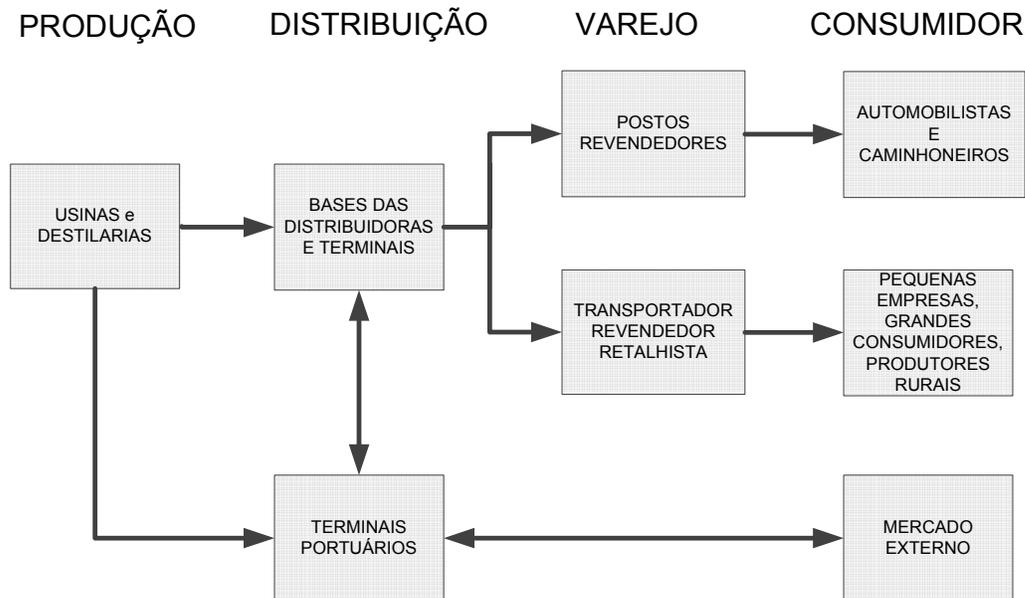


Figura 9 – Diagrama representativo das etapas e fluxos de abastecimento e logística de álcool combustível

Fonte: Adaptado de SINDICOM (2006b)

Os diversos fluxos de distribuição do álcool apresentados na Figura 9 são comumente classificados, no mercado de transporte, como: fluxos primários, fluxos de transferência e fluxos de entrega. Essa classificação depende da etapa de transporte e das origens e destinos. Isso porque os modais de transportes utilizados, as empresas prestadoras de serviços, os agentes envolvidos e até os equipamentos de transporte são distintos em cada uma das etapas.

A Figura 10 apresenta o detalhamento de cada um dos três fluxos de distribuição de álcool no mercado interno. Como pode ser observado, o fluxo primário, ou fluxo de coleta de álcool, se refere à etapa de transporte entre usinas e distribuidoras, representadas por bases primárias ou secundárias. De acordo com Soares (2003), as bases de distribuição representam os centros de distribuição de combustíveis, e assumem o papel da armazenagem de produtos pelas distribuidoras. Além disso, são instalações com facilidades necessárias ao recebimento de combustíveis, ao armazenamento, à mistura, à embalagem e à distribuição, em uma dada área de mercado, desses produtos.

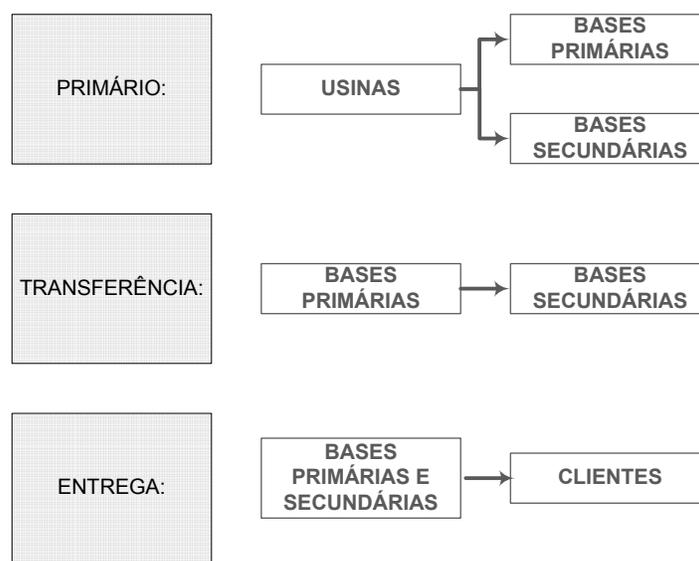


Figura 10 – Etapas dos fluxos de distribuição de álcool

Fonte: Adaptado pelo autor, de Figueiredo (2006)

Segundo Maligo (2005), as bases de distribuição são comumente classificadas conforme sua posição na cadeia de suprimentos dos combustíveis. As bases que recebem produtos de uma refinaria ou terminal são denominadas bases primárias. As bases que recebem produtos das bases primárias são chamadas bases secundárias. Esta classificação até hoje utilizada foi criada pelo extinto Conselho Nacional do Petróleo – CNP bem antes do surgimento do álcool como combustível automotivo. Logo, a logística de coleta deste combustível não influencia a classificação das bases como primárias ou secundárias. Por estarem geralmente próximas das fontes supridoras diretas de combustível, ou seja, das refinarias ou terminais, as bases primárias também estão localizadas na conexão de modais de transporte, como ferrovias, hidrovias, dutovias e linhas de cabotagem. Dessa forma, elas são diretamente atendidas pela infra-estrutura de transporte dutoviária da TRANSPETRO, como ilustram as Figuras 11 e 12.

Já a função das bases secundárias, segundo Soares (2003), é atender mercados distantes dos pontos de oferta, de maneira a atender ao mercado ao menor custo. Também, como no caso do transporte de álcool combustível (tanto o hidratado como o anidro), a base secundária pode exercer a função de concentração de recepção de carga inicial para a posterior repassagem para uma base primária ou outra base secundária, função similar aos centros coletores de álcool (terminais criados pela Petrobrás) no início

do PROÁLCOOL, para solucionar os problemas de distribuição e tancagem, considerados gargalos para a implantação do programa (SANTOS, 1993 apud MORAES, 2000).



Figura 11 – Mapa representativo das bases distribuidoras de combustíveis no Brasil  
 Fonte: SINDICOM (2006d)



Figura 12 – Mapa dos terminais da TRANSPETRO no Brasil  
 Fonte: TRANSPETRO (2006)

Como ressalta Maligo (2005), a produção de álcool combustível, dispersa no interior do país, freqüentemente possui fluxo de transporte em um sentido inverso ao da distribuição dos derivados. O álcool combustível entra na rede de distribuição, em seu fluxo primário ou de coleta, pelas bases secundárias e daí segue para um fluxo de transferência para as bases primárias e posterior envio aos grandes centros de consumo. Já os derivados entram pelas bases primárias, mais próximas aos grandes centros de consumo, e daí são distribuídos para as bases secundárias, mais no interior do país e com menor disponibilidade de infra-estrutura logística que as bases primárias.

Conseqüentemente, há poucos incentivos econômicos para os fluxos de transferência do álcool, pois, muitas vezes seu transporte possui uma etapa de fluxo de transferência mais longa que as dos derivados de petróleo. Nesse caso, se aproveitam da infra-estrutura de transporte existente e podem concentrar um fluxo de transporte de alto volume e de longa distância, em busca de economias de escala, até as bases mais próximas do mercado consumidor. Por outro lado, muitas vezes, como notado nos acompanhamentos de transporte do setor sucroalcooleiro, realizados pelo grupo ESALQ-LOG<sup>20</sup>, os fluxos de transferência de álcool combustível não possuem diferenciação clara em relação aos fluxos primários. Uma vez que ambos os fluxos são realizados via transporte rodoviário e utilizam os mesmos tipos de veículos – caminhões tanques rodotrem ou bitrem ou carretas, capazes de transportar 60 m<sup>3</sup>, 45 m<sup>3</sup> e 30 m<sup>3</sup> respectivamente segundo Setten (2007) – já que não há disponibilidade de outra infra-estrutura ligando bases secundárias e primárias.

Em alguns casos específicos, as bases secundárias estão localizadas em pontos servidos por acessos a ferrovias ou hidrovias ou justifica-se a transferência para uma base primária seguida por nova transferência a uma terceira base de distribuição. Para o primeiro caso, pode-se citar o funcionamento das bases secundárias de Ourinhos – SP e Porto Velho – RO. A primeira é importante ponto concentrador da produção de álcool do interior de São Paulo para a distribuição na região Sul. A segunda é coleta a produção do Mato Grosso para transferência para a região Amazônica. Um exemplo para o segundo

---

<sup>20</sup> Grupo de Pesquisa e Extensão Universitária da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, coordenado pelo orientador desta dissertação. Maiores detalhes disponíveis em: <<http://log.esalq.usp.br>>.

caso é a transferência da produção coletada em Ourinhos – SP para a base primária de Araucária – PR e dessa a transferência dutoviária até a base de Florianópolis – SC.

Os fluxos de entrega, tanto do álcool hidratado quanto do álcool anidro misturado à gasolina formando a gasolina C, são sempre rodoviários. Esse modal vem se revelando como o mais adequado em virtude do volume pulverizado de entrega, curtas distâncias e grande concentração urbana. Tanto que, segundo Figueiredo (2006), 84% das entregas ocorrem em distâncias menores que 200 km e geralmente são realizadas em caminhões-tanques entre 10 e 30 m<sup>3</sup> compartimentados em tanques de 5 m<sup>3</sup>, segundo Maligo (2005).

### **2.3.1.1 Participação dos modais de transporte, gargalos e legislação**

Figueiredo (2006), ao relatar a pesquisa realizada pelo Centro de Estudos em Logística da Universidade Federal do Rio de Janeiro em parceria com o Instituto Brasileiro do Petróleo para mapear os gargalos existentes na infra-estrutura de logística de combustíveis, consultou mais de 30 entidades e empresas representativas dos transportes de combustíveis que segundo Fleury (2005) são responsáveis por 40% do mercado de gasolina e diesel, e por 26% do mercado de álcool hidratado. Como resultado observou que o álcool – em seu fluxo primário – sai das usinas para as bases primárias e secundárias por ferrovias e rodovias. Na apresentação sobre o mesmo trabalho, Fleury (2005) afirmou que 100% do fluxo primário de álcool via modalidade rodoviária, informação coerente com as apresentações de Cunha (2003) e Sant’Anna (2006) sobre as operações da BR Distribuidora e com informações de Santos, Solon, Pereira e Araújo<sup>21</sup> sobre as operações das distribuidoras Ipiranga e Repsol YPF (informação verbal).

Agentes do setor sucroalcooleiro também confirmam essas informações. Setten (2007) destaca que o grupo COPERSUCAR<sup>22</sup> realiza praticamente todo o transporte primário de álcool via rodoviária, com exceção de alguns fluxos de transporte entre usinas e a distribuidora de Paulínia. Gazeta Mercantil (2007a) destaca que um dos raríssimos

---

<sup>21</sup> SANTOS, L.S.; SOLON, G.; PEREIRA, E. Analistas do Departamento de Trading e Área de Informações da Cia. Brasileira de Petróleo Ipiranga. ARAÚJO, S.S. Gerente de Operações e Logística da Repsol YPF. Diversos contatos em abr. 2007.

<sup>22</sup> Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo – COPERSUCAR responsável pela comercialização da produção de açúcar e álcool das 31 unidades produtoras associadas. A COPERSUCAR é também um dos maiores fabricantes de açúcar e álcool do mundo. Na safra 2006/2007, suas associadas produziram 3,8 milhões de toneladas de açúcar e 2,78 bilhões de litros de álcool, o que representou um faturamento de US\$ 2,3 bilhões. Informações disponíveis em: <<http://www.copersucar.com.br/default.asp>>. Acesso em: 21 dez. 2007.

casos de utilização de fretes ferroviários entre usinas e distribuidoras ocorre na usina São Martinho, que recebe, dentro de suas instalações, linha ferroviária da América Latina Logística - ALL, e transporta 25% da sua produção, por esse modal, até a base de distribuição de Paulínia. Companhia Ferroviária do Nordeste – CFN (2005) destaca acordo entre a própria CFN, a distribuidora Esso e a usina Cruangi para a utilização da tancagem da própria usina, que por dispor de acesso ferroviário, viabiliza a utilização da usina como terminal de transbordo rodo-ferroviário para o transporte de álcool no estado de Pernambuco. Com o acordo pode-se movimentar pela ferrovia mais 1,5 milhão de litros de álcool por mês, transferidos via ferrovia para as bases da Esso nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão. Martins<sup>23</sup> (2006) destaca que todo o transporte de álcool do grupo COSAN<sup>24</sup> na safra 2006/2007 foi via rodoviário e baseado no mercado de frete *spot*.

Essa é uma situação bem diferente da observada pelo fluxo primário da gasolina e diesel. Esses fluxos geralmente são feitos via cabotagem e dutos, modais de transporte geralmente mais baratos, mas que demandam investimentos na construção de infraestrutura básica e escalas maiores de transporte para se tornarem competitivos (vide Figura 8).

No caso do fluxo de transferência, os modais mais utilizados no transporte de álcool são os mesmos da gasolina e diesel: ferrovia e rodovia. Uma importante informação sobre os fluxos de transferência de álcool é a de Cunha (2003), confirmando que aproximadamente 70% desse combustível comercializado pela BR Distribuidora não passa por etapa de transferência, ou seja, logo após o transporte do combustível da usina para a distribuidora, o álcool hidratado já é entregue aos postos, tal como o álcool anidro, após sua mistura a gasolina na base de recepção. Essa informação de Cunha (2003) ratifica a pouca praticidade e potenciais gastos adicionais causados pela legislação que obriga necessariamente a entrega do álcool das usinas até as distribuidoras para posterior repasse aos postos.

Essa suspeita é confirmada pelos estudos de Yoshizaki et al. (1996, 1997) que, ao analisarem o caso de duas usinas do grupo COSAN, mostraram a vantagem econômica

---

<sup>23</sup> Essas informações puderam ser confirmadas em informação verbal com MARTINS, C.S. em 22 fev. 2007 na usina Costa Pinto, em Piracicaba.

<sup>24</sup> Maior grupo produtor de açúcar e álcool do Brasil, constituído por 17 usinas, 2 refinarias de açúcar e 2 terminais portuários., responsável por 9,4% do processamento de cana-de-açúcar brasileiro na safra 2005/2006, produzindo o equivalente a 3,1 milhões de toneladas de açúcar e 1,2 bilhões de litros de álcool (MARTINS, 2006).

da distribuição descentralizada de álcool hidratado, permitindo a possibilidade de um fluxo direto a partir das usinas produtoras para os postos, contrariamente a política usualmente utilizada de distribuição de produtos com a intermediação de bases de distribuição. A análise de investimentos do estudo utilizou um modelo de distribuição baseado em programação linear para avaliar os custos logísticos da distribuição de álcool. As economias da distribuição descentralizada apresentaram taxas de retorno entre 2 e 3 anos para os investimentos necessários para sua constituição. As vantagens econômicas foram verificadas tanto para uma modelagem sobre o ponto de vista do governo, ou do sistema de distribuição minimizando o custo total logístico de distribuição; como do ponto de vista do distribuidor e do grupo COSAN, cujos objetivos davam conta da minimização dos custos de distribuição de suas operações.

É interessante também verificar a entrevista de Rio<sup>25</sup> a Scaramuzzo (2007b) informando que o grupo Cerradinho possui três postos de combustíveis em frente às suas três usinas, sendo todos esses postos abastecidos por uma distribuidora com a qual o grupo possui acordo. Pelo acordo a distribuidora busca o álcool nas três usinas do grupo e já os leva diretamente aos postos. Esse relato indica que não necessariamente as três etapas de fluxos de distribuição de álcool ocorrem no mercado interno de álcool. Essa informação também foi confirmada Marcello<sup>26</sup> em entrevista a Dolnikoff<sup>27</sup>. Segundo Marcello, o fluxo direto entre usinas e postos é mais comumente realizado pelas distribuidoras “emergentes” – pequenas e médias distribuidoras, que não participam do SINDICOM, e que foram criadas após a desregulamentação do setor de combustíveis (informação pessoal).

Quanto ao fluxo de transferência, a partir do mapeamento das rotas utilizadas por Figueiredo (2006), observou-se que 61%, 31% e 8% do transporte de combustível (álcool e derivados de petróleo) entre bases são feitos via modal ferroviário, rodoviário e fluvial, respectivamente. Uma ressalva dessas estatísticas é que a classificação dos fluxos de transferência desconsidera a utilização dos modais dutoviário e de cabotagem, as quais

---

<sup>25</sup> RIO, J.F. Diretor-administrativo e Financeiro do Grupo Cerradinho.

<sup>26</sup> MARCELLO, J.D. Gerente de Planejamento e Mercado, da Sociedade Corretora do Álcool – SCA. Entrevista em 18 jan. de 2007. (A SCA desde o ano de 2000 atua no mercado físico de álcool combustível e representa 47 unidades produtoras. SCA. **Sobre a SCA**. Disponível em: <<http://www.scalcool.com.br/>>. Acesso em: 9 dez. 2007).

<sup>27</sup> DOLNIKOFF, F. **Entrevista SCA**. Recebida por <[ceox@esalq.usp.br](mailto:ceox@esalq.usp.br)> em 8 mar. 2007. Mestrando em Administração da Faculdade de Economia Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA-USP.

são opções consideradas apenas para os fluxos primários. Essa classificação é inadequada para o caso do transporte de álcool, que ao contrário dos derivados de petróleo, geralmente, utiliza esses modais no seu fluxo de transferência e não no seu fluxo primário.

Informações qualitativas sobre os fluxos de transferência de álcool, verificados nessa dissertação a partir de pesquisas de trabalhos acadêmicos, entrevistas, conversas e discussões com profissionais do setor, são coerentes com as informações de Figueiredo (2006). Por exemplo, a partir de informações de coleta de custos de fretes de álcool do ESALQ-LOG, pode-se constatar a grande predominância do modal rodoviário nos fluxos de transferências de álcool, o que é também consenso entre os agentes do setor. Setten (2007) destaca que os fluxos de transferência ferroviária são mais comuns entre os centros coletores e as bases de distribuição no estado de São Paulo. Observa-se também que o modal de transporte ferroviário é importante para a realização de transferências de álcool na região Sul, conforme informações de Araújo<sup>28</sup>, Dumit (2005), análise da pilha de transporte ferroviário para o ano de 2005 da Agência Nacional de Transportes Terrestres<sup>29</sup> – ANTT (informação verbal). Nos dados da ANTF e notícias de CFN (2005), chamam a atenção os fluxos de transporte ferroviário entre as regiões produtoras de álcool em Pernambuco, Paraíba e Alagoas com destino às capitais do Ceará, Piauí e Maranhão; e entre a capital do Maranhão e o interior do estado e do Pará.

O Quadro 4, baseado no relatório anual de acompanhamento das concessões ferroviárias, ano 2006, da ANTT (2007a), apresenta os fluxos totais de transporte, via ferroviária, de álcool (a classificação entre anidro e hidratado não estava disponível), gasolina (não há distinção entre gasolina A e a gasolina C) e diesel para o ano de 2006.

O transporte hidroviário para transferência de combustíveis ainda é prática quase exclusiva da região Norte, e se comparado ao consumo de combustíveis total da região, é responsável por parte significativa do transporte desses produtos (PACHECO, 2007; ANP, 2007a). O transporte de cabotagem é importante para os fluxos de transferência da região nordeste, conforme Soares (2003), e para a região Norte, no Pará e Amapá, conforme Menezes (2000).

---

<sup>28</sup> ARAÚJO, S.S. Gerente de Operações e Logística da Repsol YPF. Diversos contatos em abr. 2007.

<sup>29</sup> Obtido com José Eduardo Holler Branco, vice-coordenador do grupo ESALQ-LOG, em 20 fev. 2007. Essa base de informações foi disponibilizada pela ANTT ao grupo em projetos anteriores.

CONCESSIONÁRIA	ÁREA DE ATUAÇÃO (2)	FLUXO DE COMBUSTÍVEIS			
		DIESEL	GASOLINA	ÁLCOOL	NÃO ESPECIFICADO
ALL (1)	RS, SC, PR e sul de SP	2.829	985	1.133	-
FERROBAN (1)	SP e Triângulo Mineiro	1.131	242	107	39
FCA	GO, MG, RJ, ES, BA e SE	1.007	295	85	646
CFN	Nordeste exceto BA e SE	326	128	16	-
EFC	MA e PA	798	155	3	-
FERRONORTE (1)	MS e MT	433	62	-	-
NOVOESTE (1)	SP e MS	235	113	-	2
EFVM	MG e ES	-	-	-	478
	BRASIL	6.758	1.979	1.343	1.166

Quadro 4 – Fluxo anual (2006) de transporte de combustíveis, via ferroviária, em 1000 m<sup>3</sup>

Fonte: Adaptado de ANTT (2007a)

<sup>(1)</sup> Em maio 2006 as concessionárias FERROBAN, FERRONORTE e NOVOESTE foram integradas à ALL.

<sup>(2)</sup> Refere-se à região de atuação anterior à integração entre as concessionárias de (1).

Dados de TRANSPETRO (2007a) indicam que a movimentação de álcool (não há classificação do tipo de álcool) em dutos, para o período de abril de 2006 a março de 2007, foi de aproximadamente 900 mil m<sup>3</sup> ou 1,5% do total de combustíveis transportados por dutos em 2006. Essas movimentações ocorreram na região Sul, entre a base de Araucária, próxima a Curitiba –PR; os terminais da TRANSPETRO em Santa Catarina que terminam o trecho em Florianópolis; e entre Araucária e Paranaguá – PR. Na região Sudeste as movimentações ocorrem nos trechos entre: Paulínia – SP e Guararema – SP, Paulínia e Rio de Janeiro – RJ e nos dois sentidos do trecho Paulínia e Barueri – SP. A Figura 13 ilustra a comparação de fluxos de transporte dutoviário entre álcool, gasolina e diesel no período do ano-safra canavieiro de 2006/2007.

Torquato (2005) afirma que a capacidade de escoamento da produção brasileira do setor sucroalcooleiro não acompanha o ritmo do crescimento da produção e da demanda, o que pode resultar em perda da competitividade ao setor sucroalcooleiro ocasionada por custos adicionais devido a gargalos logísticos, principalmente nos portos. O autor recomenda a utilização mais intensa do transporte via dutos, o modal de transporte de combustível teoricamente mais barato, mas que demanda altos custos de investimentos.

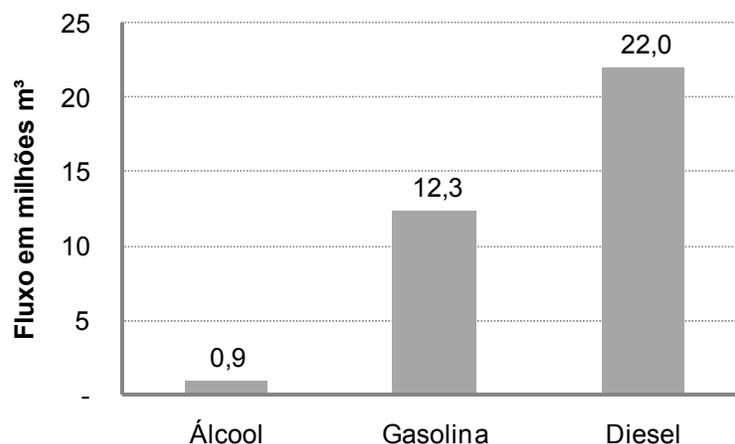


Figura 13 – Fluxo de combustíveis via modal dutoviário ente abril de 2006 e março de 2007

Fonte: Elaborado a partir de TRANSPETRO (2007a)

Figueiredo (2006) também destaca a falta de infra-estrutura de dutos e ferrovias para o transporte de álcool nos fluxos primários e de transferência, particularmente para as regiões Norte e Centro-Oeste (vide Figura 11). A autora indica a existência de gargalos nas ferrovias, visto que para os casos de fluxo de transferência, o uso de ferrovias é, geralmente, uma opção mais adequada que o transporte rodoviário; entretanto nas estatísticas do fluxo de transferência, nota-se que em 41% dos casos em que se utilizou do transporte rodoviário, o transporte ferroviário poderia ser utilizado. Segundo o estudo, questões de infra-estrutura e comerciais geravam o gargalo ferroviário. Entre as questões técnicas cita-se a falta de vagões-tanque, falta de tração das locomotivas e a baixa capacidade da linha causada por falta de manutenção, baixa velocidade e frequência de viagens e horários limitados de tráfego. Em relação às questões comerciais, destaca-se a prioridade dada pelas concessionárias ferroviárias ao transporte de outros produtos em diferentes meses do ano e a dificuldade de negociação em trajetos com trechos ferroviários operados por diferentes concessionárias.

Esse gargalo ferroviário no fluxo de transferência foi quantificado por Figueiredo (2006), utilizando basicamente a diferença de preço entre o transporte rodoviário e ferroviário, como sendo de R\$ 50 milhões e onerando em 6% e 20% as margens de postos revendedores e de distribuidoras, respectivamente. Conforme Fleury (2005), que apresenta mais detalhes quantitativos do mesmo estudo, os trechos ferroviários utilizados

para distribuição de combustíveis com mais gargalos estão na ligação com a região Centro-Oeste, a Norte e a Nordeste. Localizam-se, respectivamente, nos trechos entre Paulínia – SP e Campo Grande – MS; entre a mesma origem e Alto Taquari – MT, passando por Bauru – SP e São José do Rio Preto – SP; São Luís – MA e Açailândia – MA e entre Candeias – BA, Aracaju – SE e Juazeiro – BA.

Fleury (2005) estima que investimentos de R\$ 700 milhões (R\$ 100 milhões para compra de vagões-tanque) seriam necessários para a eliminação desses gargalos. Como o transporte de combustíveis corresponde a 15% do volume transportado pelas ferrovias, o investimento para a eliminação dos gargalos ferroviários parece razoável e com rápidas taxas de retorno ao se considerar os custos adicionais atuais.

Em relação às deficiências do modal rodoviário para o transporte de combustíveis, Fleury (2005) e Figueiredo (2006) estimam em R\$ 30 milhões as perdas causadas pela má conservação das rodovias, o que implica despesas extras em função do maior consumo de lubrificantes, pneus, combustíveis e manutenção em geral. Outro fator que contribui para perdas no uso do transporte rodoviário é que em 4% do fluxo de entrega da distribuição do combustível, as distâncias percorridas são superiores a 500 km, logo inadequadas para o uso desse modal de transporte (vide Figura 8). Sozinhos, esses fluxos são responsáveis por 20% dos custos totais de fretes de entrega. Para esses casos seriam recomendados fluxos de transferência via ferrovias, as quais, entretanto, não existem. A economia nesses casos poderia chegar a R\$ 15 milhões, mas a viabilidade dos investimentos não é, a princípio, tão clara.

Figueiredo (2006) também avaliou a viabilidade da construção de novos trechos de dutos para rotas onde eles ainda não existem. Pode-se perceber dessa avaliação que, apesar de a malha dutoviária brasileira ser pequena e com de utilização moderada, nenhum projeto de construção de novos trechos se viabilizaria. Uma informação relevante dessa avaliação é que não foram considerados casos de construção de malha dutoviária em trechos onde os mesmos já existiam. Para o caso específico da utilização de dutos para o transporte de álcool, essa seria uma informação relevante. Uma vez que o transporte segregado desse combustível via “alcooldutos” é uma das possibilidades para se evitar a contaminação do álcool por hidrocarbonetos, uma das exigências de alguns países importadores para o aumento do volume de compras de álcool do Brasil. Além disso, os “alcooldutos” apesar de poderem ligar os mesmos trechos já existentes com

olidutos, em geral possuirão sentido de fluxo contrário aos dutos atuais. Aronson<sup>30</sup> destaca que os “alcooldutos” possuirão sentido do interior (região produtora) para a costa (concentração de grandes mercados consumidores internos e portos exportadores) e não o sentido tradicional da infra-estrutura de transporte de combustíveis nacional, sentido costa, região produtora e portos importadores de petróleo, interior (informação verbal).

### **2.3.1.2 Principais investimentos e novos corredores de escoamento de álcool**

Xavier et al. (2008) afirmam que as novas logísticas projetadas para a movimentação de álcool, principalmente para exportação, têm partido da premissa de utilização mais eficiente das modalidades de transporte distintas e referenciadas por indicadores de custos condizentes. Nesse sentido, tem-se a expectativa de que uma série de novos corredores de transporte intermodal venha a se consolidar em função principalmente das economias de escala decorrentes do incremento da produção a partir das novas fronteiras agrícolas, envolvendo dutovias, ferrovias e hidrovias.

As perspectivas de utilização de dutos exclusivamente para o transporte de álcool são muito boas, uma vez que há projetos da Petrobrás, por meio de sua subsidiária TRANSPETRO, em fase adiantada de estudos. Esses projetos podem implicar investimentos de US\$ 1,1 bilhão para a construção de dutos e adaptação de hidrovias, criando um corredor de exportação de etanol. O projeto é planejado para ser implantado de acordo com o ritmo de evolução da produção nacional, das definições de compras do mercado internacional, e com o objetivo de facilitar o escoamento da produção do combustível pelos estados do Centro-Oeste, São Paulo e Rio de Janeiro. A intenção da Petrobrás é estabelecer contratos de longo prazo com a comercialização de capacidade dos “alcooldutos”. Já há pré-contratos da Petrobrás e a empresa japonesa Mitsui no projeto de construção e a participação da construtora Camargo Corrêa na operação dessa infra-estrutura (GAZETA MERCANTIL, 2007b). A meta final do corredor de exportação de etanol é aumentar a capacidade de transporte para 12 milhões de m<sup>3</sup> em 2012 e diminuir para 10% a participação dos custos da logística no valor do etanol vendido no exterior. Atualmente esse custo é de 20% do valor do combustível brasileiro comercializado nos EUA e 30% do combustível comercializado na Ásia (TRANSPETRO,

---

<sup>30</sup> ARONSON, D. Coordenador Comercial de Combustíveis Renováveis, da TRANSPETRO. Contato telefônico em 20 dez. 2006.

2006a; JORNAL DA TRANSPETRO, 2007b).

Segundo Jornal da Transpetro (2007a, 2007b, 2007c), Souza (2006) e Rodrigues (2007), os investimentos planejados nos corredores de exportação do álcool incluem:

- o corredor de exportação Ilha D'Água – RJ / São Sebastião – SP, ampliando o sistema REPLAN – OSRIO – ILHA D'ÁGUA, através da ampliação de dutos, construção e reforma de tanques e sistemas de bombas e eletricidade (essas adaptações visam aumentar a capacidade de movimentação e a confiabilidade das operações no trecho);
- construção de um duto a partir da refinaria de Paulínia – REPLAN – SP ao terminal de Guararema – SP, com capacidade de transporte de 8 milhões de m<sup>3</sup>/ano;
- construção de duto entre os terminais de Guararema – SP e São Sebastião – SP, com capacidade para 4 milhões de m<sup>3</sup>/ano;
- implantação de um sistema de transporte na hidrovia Tietê-Paraná – que atualmente não transporta álcool (ROSSETO JÚNIOR, 2005) – para levar combustível ao Centro-Oeste e trazer de lá o etanol, com capacidade de escoamento de 4 milhões de m<sup>3</sup>/ano a partir do oeste de São Paulo, Mato Grosso e Goiás para REPLAN (a hidrovia poderá ter 4 terminais em operação: Conchas – SP, Araçatuba – SP, Presidente Epitácio – SP e São Simão – GO);
- construção de um poliduto (transportando derivados de petróleo e álcool) ligando Conchas – SP à REPLAN (o poliduto transportará álcool a partir do terminal de Conchas até a REPLAN, e diesel e gasolina no sentido contrário; o volume movimentado estimado é de 2 milhões em cada sentido);
- construção de duto ligando Uberaba – MG, Ribeirão Preto – SP e REPLAN, com capacidade de movimentação de 4 milhões de m<sup>3</sup>/ano;
- construção de um duto para a movimentação de etanol entre Senador Canedo – GO e Uberaba – MG, interligando o sul de Goiás ao Triângulo Mineiro;
- adaptação de um tanque do terminal de Paranaguá – PR e a construção de mais dois tanques para a movimentação de etanol, além da implantação de uma plataforma para descarregamento de caminhões-tanque e da ampliação da plataforma de vagões-tanque para aumentar a capacidade de carregamento de navios de 400 mil m<sup>3</sup>/ano para 700 mil m<sup>3</sup>/ano;

- construção de um poliduto para levar combustíveis da refinaria de Araucária – PR a Cuiabá – MT, passando por Presidente Prudente – SP, Campo Grande – MS e Rondonópolis – MT; no sentido inverso haverá um “alcoolduto” para transportar a produção de etanol até o porto de Paranaguá (a Figura 14 apresenta o resumo desse projeto).



Figura 14 – Representação dos projetos da TRANSPETRO

Fonte: TRANSPETRO (2007c)

Além dos investimentos da TRANSPETRO, Xavier et al. (2008), com base em pesquisas do ESALQ-LOG, destacam que os investimentos e inovações referentes à utilização do modal ferroviário para a movimentação de álcool dizem respeito à ampliação das capacidades das atuais vias e aquisição de equipamentos específicos. Considerando a região Centro-Sul destacam-se cinco trechos existentes: 1) Maringá – PR ao porto de Paranaguá, passando pela refinaria do Paraná (Araucária/PR); 2) Campo Grande – MS ao porto de Santos, passando pelo terminal de Araraquã e pela refinaria de Paulínia; 3) Alto Araguaia – MT ao porto de Santos, passando pela refinaria de Paulínia; 4) Goiânia – GO ao porto de Santos, passando pelos terminais de Uberlândia – MG e Uberaba e pela refinaria de Paulínia; 5) Uberaba ao porto de Vitória – ES, passando pela refinaria de Betim – MG. Além do incremento da movimentação de álcool nesses trechos ferroviários,

tem-se também a expectativa do início da movimentação dessa carga pelo trecho localizado entre a refinaria de Paulínia e o porto de Santos.

### 2.3.1.3 Transporte de álcool para a exportação

Ao se considerar a expectativa do mercado quanto ao grande volume de álcool que será destinado para exportação, o país terá que vencer importantes gargalos infra-estruturais para garantir o escoamento da produção de maneira competitiva. Este cenário é ainda mais grave em função da rápida expansão da fronteira de produção sucroalcooleira, que distancia as novas unidades dos tradicionais corredores de transporte. Assim como para o mercado interno, o transporte de álcool combustível para a exportação, geralmente, é feito utilizando a modalidade de transporte rodoviária. Entretanto, apresenta a particularidade de demandar o uso de frota dedicada para o transporte de álcool ou a lavagem dos tanques quando utilizados por diferentes tipos de combustível, tais como gasolina e óleo diesel. Estas exigências ocorrem devido a exigências do comércio internacional que estabelecem um nível máximo de contaminação do álcool por hidrocarbonetos, situação esta que dificulta o aproveitamento das cargas de retorno, encarecendo o custo de transporte (XAVIER et al, 2008).

Vandualdo Roberto Bigotto, gerente de logística da Crystalsev<sup>31</sup>, em entrevista à Gazeta Mercantil (2007a), destaca que as exigências do mercado externo em relação aos resíduos de hidrocarbonetos no álcool também dificultam o transporte ferroviário de álcool para a exportação. Bigotto afirma que já realizou testes de limpeza em vagões, para tentar escoar o álcool para exportação via ferroviária, mas sem sucesso. Destaca também que não existe infra-estrutura suficiente para o transporte de cargas regulares pelo modal ferroviário do interior paulista, nem no carregamento, na origem, nem na descarga. Além disso, há a impossibilidade de transporte ferroviário pela bitola estreita, existente nas linhas férreas do interior paulista, mas que não dá acesso aos terminais de exportação em Santos. A MRS, concessionária ferroviária responsável pelo acesso ferroviário ao porto de Santos, prometeu para o início de 2008 um terceiro trilho para resolver a questão.

A concessionária ALL também anuncia um grande projeto para o setor a ser colocado em prática também em 2008. Entrevista do Gerente da Unidade de Negócios

---

<sup>31</sup> Grupo responsável pela comercialização e logística de 13 unidades produtoras ou aproximadamente 8% da produção nacional de álcool. CRYSTALSEV. **A Crystalsev**. Disponível em: <<http://www.crystalsev.com.br/internas/empresa.php>>. Acesso em: 18 dez. 2007.

Granéis Norte, Sérgio Nahuz, à Folha da Região (2007), destaca que a ferrovia já transporta diesel e gasolina de Paulínia – SP para Campo Grande – MS, mas os vagões retornam vazios. A intenção é fazer o trajeto contrário transportando o álcool produzido pelas usinas, utilizando os mesmos vagões-tanques. Para isso, são necessários investimentos em tanques em centros coletores no caminho, os quais podem ser localizados nos centros coletores já existentes para o transporte de açúcar. Enquanto isso, os 200 milhões de litros de álcool destinados à exportação pelo grupo Crystalsev na safra 2007/2008 chegarão aos terminais marítimos pelo modal rodoviário (GAZETA MERCANTIL, 2007a), tal como os aproximadamente 300 milhões de litros de álcool exportados pela COSAN (MARTINS, 2006).

Flores (2005) indica como principais alternativas para evitar os gargalos de infraestrutura para a exportação os investimentos propostos pela TRANSPETRO em dutos e hidrovias, assim como, investimentos em ferrovias nas regiões Sul e Sudeste do país e no estado do Maranhão. O autor também indica os investimentos, em curso, na ampliação de terminais portuários, como sendo de fundamental importância.

Fleury (2005) e Setten (2007) destacam como principais pontos para melhoria das estruturas portuárias o investimento em aumento dos terminais portuários, em acesso ferroviário e dutoviário aos portos, assim como alguns investimentos na dragagem de canais visando o aumento de calado. Os autores destacam também a importância dos investimentos em centros coletores de álcool e terminais intermodais de interior para melhorar o planejamento do acesso aos portos. Jornal da Transpetro (2007b, 2007c) também destacam a necessidade de investimentos em navios para o transporte marítimo e para a movimentação por cabotagem de álcool.

### **2.3.2 Armazenagem do álcool combustível**

Moraes (2000) destaca que, no início da década de 80, o problema de distribuição e tancagem do álcool hidratado era ainda uma questão pendente do PROÁLCOOL. A questão da distribuição e tancagem do álcool anidro também era conturbada, já que resolução de nov. 1978 do CNP atribuía às distribuidoras a responsabilidade de adquirir álcool anidro das usinas assim como transportá-lo até os centros de mistura, em quantidades determinadas pelo próprio CNP. Entretanto, com o início da segunda fase do PROÁLCOOL, e a nova escala de produção do combustível, essa organização não era

mais adequada. Nessa nova fase do programa era necessária a construção de uma rede de tanques de armazenagem e centros de coletas integrados a um sistema de transporte adequado entre usinas, distribuidoras e postos.

Moraes (2000) destaca que para a solução dessa questão foi estabelecido pelo CNAL, em março de 1980, uma resolução sobre o sistema de armazenagem de álcool, a ser organizado em quatro subsistemas:

- o primeiro era localizado nas unidades produtoras, cujas capacidades de armazenamento deveriam corresponder a até três meses de produção;
- em seguida haveria os tanques coletores, cuja capacidade não era regulamentada diretamente, mas dada a sua função de consolidação de carga do álcool coletado nas usinas para posterior repassagem às distribuidoras, os mesmos deveriam ser relativamente grandes e localizados em centros de coleta específicos, com posição privilegiada entre as unidades produtoras e as distribuidoras;
- o terceiro sub-sistema era formado pelos tanques de segurança cuja, capacidade de armazenamento somada à metade da capacidade dos tanques coletores deveria suprir 60 dias de consumo das áreas circunvizinhas;
- o último sub-sistema era composto pelos tanques operacionais, de propriedade das distribuidoras, e cujas capacidades de armazenamento deveriam corresponder a 15 dias de consumo da sua zona de venda.

A autora também destaca decreto de agosto de 1983 que estabelecia que a Petrobrás pudesse adquirir volume de álcool necessário para atender à demanda e aos estoques de segurança. Santos (1983 apud Moraes, 2000) salienta que, como consequência ao decreto, no final de 1983, a estatal se aproximava do monopólio da distribuição e armazenagem do álcool hidratado. A Petrobrás era a proprietária de parcela significativa de tanques-coletores, era de sua responsabilidade a manutenção dos tanques de segurança (que eram complementares aos primeiros), além disso, a empresa detinha a maior rede de postos de abastecimento de álcool hidratado do país. Souza (2006) afirma que, enquanto no final de 1983 as demais distribuidoras não possuíam capacidade para armazenar mais que 200 mil m<sup>3</sup>, a Petrobrás possuía infra-estrutura para armazenar 1,3 milhões de m<sup>3</sup>. Dessa forma, segundo Moraes (2000), os problemas de distribuição e tancagem, considerados gargalos para o PROÁLCOOL, foram solucionados e em 1989 todos os postos do país tinham permissão para comercializar álcool hidratado.

Esse equilíbrio harmônico entre produção, compras e estoques regulamentados e mantidos pela Petrobrás teve duração curta. Segundo Moraes (2000), em outubro de 1983 a Petrobrás, devido a problemas na operacionalização dos subsídios ao álcool combustível, parou de comprar qualquer volume de álcool superior à demanda, e dessa forma, não mais manteve estoques de segurança. Os produtores ficaram em posição difícil, acarretando problemas de fechamento de destilarias produtoras de álcool e a redução na produção do combustível. No final de 1989 começou o declínio do PROÁLCOOL. A Petrobrás reduziu drasticamente seus estoques, a ponto de haver falta de álcool nos postos e os consumidores passarem a enfrentar filas de abastecimento.

Dessa forma foi se anunciando gradativamente o fim aos subsídios do PROÁLCOOL e o início do processo de desregulamentação do setor sucroalcooleiro. Segundo Souza (2006), após o término desse período, a BR Distribuidora, responsável pela formação dos estoques estratégicos, deixou de fazê-los e a formação desses estoques passou a ser de responsabilidade dos produtores, de acordo com seus interesses comerciais, tal como ocorre atualmente.

Souza (2006) afirma que atualmente existem dúvidas se a organização da infraestrutura de armazenagem de álcool é adequada à formação dos estoques estratégicos, importantes para o período de entressafra. Produtores consideram elevados os custos para a formação de estoques estratégicos, já que muitos não possuem capital de giro para investir neste empreendimento, e argumentam que há a necessidade de uma maior participação governamental nesses investimentos. Alguns programas foram realizados, como os apresentados no tópico 2.2.2, mas foram descontinuados.

Entretanto, o que se observa de fato no mercado, conforme informações de agentes do setor, é que os produtores mais capitalizados são os que realmente tendem a manter os estoques para o período de entressafra, quando esses investimentos são interessantes. O mesmo se observa com distribuidoras grandes, que indiretamente podem se valer de contratos de fornecimento para contarem com um estoque indireto.

Tal como relata Oliveira (2005), agentes do setor sucroalcooleiro, participantes do “Seminário Internacional em Logística Agroindustrial”, realizado em 19 de março de 2004 na ESALQ, enfatizaram a importância da utilização das atividades de armazenagem. Esse agentes mencionaram que a reserva de espaço em armazéns ou tanques possibilita a otimização do uso dos terminais portuários, possibilita o surgimento de oportunidades

comerciais com terceiros e o próprio aumento da movimentação na entressafra, o que possibilita ganhos com fretes e eventuais ganhos comerciais via preço.

Atualmente, a rede de armazenagem de álcool no Brasil pode ser classificada em dois grandes conjuntos. O primeiro conjunto é formado pelos tanques de combustíveis pertencentes às usinas produtoras de álcool. Esse conjunto possui como função básica armazenar o excedente de produção dos combustíveis ao longo da safra agrícola, decorrente da sazonalidade de produção do álcool. Um segundo conjunto da rede de armazenagem de álcool consiste dos tanques das distribuidoras, e em menor escala, dos terminais portuários, dos terminais da TRANSPETRO e dos centros coletores de álcool. Esse conjunto não possui como objetivo manter o estoque de excedentes, sendo sua função básica prover garantias de suprimento de curto-prazo para atender ao consumo dos postos de combustível (a partir das distribuidoras) ou prover armazenamento para o serviço de transporte de combustíveis via terminais.

Em relação à infra-estrutura de armazenagem de álcool combustível no Brasil, conforme amostragem realizada nesse trabalho e apresentado no tópico 4.2.3, pode-se dizer que as usinas estão bem capacitadas, principalmente como herança das necessidades de estocagem decorrente do PROÁLCOOL e de safras mais curtas no passado. Entretanto, na safra 2007/2008, em virtude dos baixos preços do álcool e da expansão da produção, há indícios de falta de tanques de armazenagem de álcool nas usinas. Bigotto<sup>32</sup> destaca que há casos de aumentos dos custos de aluguel de tanques pelas usinas com excedente de espaço de armazenagem e casos de venda de álcool a preços baixos por indisponibilidade de tanques.

Maligo (2005) faz analogia entre as bases de distribuição de combustível e centros de distribuição na distribuição de bens de consumo (já que as principais operações executadas numa base são o recebimento, a armazenagem e a expedição de produtos). Para a armazenagem, as bases contam com um ou mais parques de tanques. Atividades que são complementares e hierarquizadas com as funções dos terminais de armazenagem, os quais possuem a função de viabilizar a movimentação de petróleo e seus derivados. Esses terminais compreendem ao conjunto de instalações utilizadas para o recebimento, expedição e armazenagem de produtos da indústria de petróleo podendo

---

<sup>32</sup> Gerente de Logística do grupo CrystalSev. BIGOTTO, V.R. **RES: Dúvida armazenagem álcool.** Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 19 out. 2007.

ser classificado em marítimo, lacustre, fluvial ou terrestre.

Soares (2003) destaca a importância dos terminais principalmente na internalização de produtos para a região Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Como tais regiões possuem uma produção de derivados muito baixa, ou inexistente, a chegada de produtos só pode ser viabilizada através dos terminais. Para o caso de importação de produtos, os terminais marítimos representam o ponto de entrada dos derivados no Brasil.

A partir de pesquisas deste trabalho e do grupo ESALQ-LOG (vide tópico 4.2.3), pôde-se estimar que, em média, uma usina possui capacidade de armazenagem de até 50% da sua produção anual de álcool. No ano safra 2006/2007 esse valor equivaleria a quase 8,5 milhões de m<sup>3</sup>. Essa capacidade de armazenagem pode ser alocada livremente pelas unidades produtoras para os diferentes tipos de álcool, desde que não sejam misturados em um mesmo tanque. Destaca-se que as usinas construídas durante o PROÁLCOOL possuem maior capacidade de armazenagem em relação às usinas mais novas, cuja capacidade gira em torno de 40% da produção.

Quanto à rede de armazenagem das distribuidoras, esta revela capacidade relativamente grande e bem distribuída com alta flexibilidade de utilização dos tanques, que pode vir a acondicionar desde petróleo até biocombustíveis. A capacidade de armazenagem total das distribuidoras é próxima a 3,75 milhões de m<sup>3</sup>. O armazenamento de álcool especificamente ocupa 725 mil m<sup>3</sup> (19,4% do total) divididos em 300 mil m<sup>3</sup> para anidro e 425 mil m<sup>3</sup> para hidratado, o equivalente a quase 20 dias de consumo do mercado interno de acordo com os dados fornecidos por Steenhagen<sup>33</sup>, (informação pessoal). Segundo Aronson e Araújo<sup>34</sup>, o estoque médio de álcool combustível nas distribuidoras corresponde a duas semanas de consumo da sua região de abrangência. Para o caso de distribuidoras próximas às regiões produtoras, o estoque equivale a uma semana de consumo enquanto nas regiões mais distantes dos centros produtores esse estoque não supera quatro semanas de consumo. É interessante observar dos dados disponibilizados por Steenhagen<sup>34</sup> que o estoque de álcool nas distribuidoras é relativamente mais elevado, quando comparado aos demais combustíveis (informação verbal e pessoal).

---

<sup>33</sup> STEENHAGEN, M.M. Especialista de Regulação do SAB-ANP. **Res: ENC: Solicitação de dados.** Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 15 maio 2007.

<sup>34</sup> ARONSON, D. Coordenador Comercial de Combustíveis Renováveis, da TRANSPETRO. ARAÚJO, S.S. Gerente de Operações e Logística da Repsol YPF. Diversos contatos entre nov. 2006 e nov. 2007.

Em relação aos terminais marítimos, fluviais e terrestres das grandes empresas de transportes de combustíveis, estes possuem uma capacidade de armazenagem próxima a 5,9 milhões de m<sup>3</sup> para o armazenamento de derivados de petróleo e álcool combustível. Desse espaço, especificamente 105 mil m<sup>3</sup>, arranjados em 24 tanques localizados em 9 diferentes espaços, são os centros coletores de álcool (ANP, 2007c, 2007e). Esses centros coletores recentemente foram arrendados pela BR Distribuidora à Petrobrás (SOLUÇÕES BR, 2003). Após a crise do PROÁLCOOL eles haviam sido desativados, mas atualmente, alguns deles estão em processo de revitalização causados pelo aquecimento no mercado interno de álcool e do aumento do mercado externo (CUNHA, 2003; MEDEIROS, 2005). Especificamente os centros coletores de Ourinhos e Araraquara já estão em operação, segundo Machado<sup>35</sup> (informação verbal).

Apesar da boa capacidade de armazenagem, das bases das distribuidoras de combustíveis e da rede de terminais da TRANSPETRO, essas estruturas não possuem como objetivo de negócio manutenção de estoque como excedente de produção. Já que, normalmente, sua principal função está associada a um estoque de segurança necessário para as operações das atividades de comercialização de combustíveis.

## **2.4 Mecanismos de estabilização de preços**

Bacchi (2006b) discute a necessidade de estoques reguladores de álcool visando uma estabilidade de preços desse mercado, caracteristicamente sazonal devido ao desajustamento entre oferta do produto concentrada em alguns meses e a demanda esparsa ao longo do ano. Simões (2006) destaca a importância desses estoques para o ganho de credibilidade no mercado interno e para fomentar oportunidades de exportação.

Cálculos estatísticos de Bacchi (2006b), com base nos preços de mar. 1999 a fev. 2006 confirmam essa necessidade. Nesses cálculos se verificou que, em média, o menor preço do álcool hidratado ocorre entre maio e julho, e os maiores entre novembro e janeiro. A diferença máxima, considerando valores médios para cada mês do ano-safra, foi de 27% e ocorreu entre junho e dezembro. Os preços mais instáveis foram os dos meses da entressafra. Segundo a autora, uma menor variabilidade do preço do álcool beneficiaria tanto os consumidores, que poderiam planejar melhor seus gastos, como os produtores, pois uma maior estabilidade de preços traria credibilidade ao setor, fator

---

<sup>35</sup> MACHADO, A.C.C. Técnico em Inspeções do Grupo de Comercialização de Álcool e Oxigenados da Petrobrás. Ribeirão Preto, 20 jan. 2007.

importante para a consolidação do mercado. Além disso, a criação de estoques pelos produtores de álcool poderia amenizar problemas decorrentes da variabilidade na produção de cana entre anos consecutivos, causada por problemas climáticos e fitossanitários. A Figura 15 apresenta os níveis de estoques mensais brasileiros e os preços médios mensais do álcool anidro e hidratado nas usinas do estado de São Paulo.

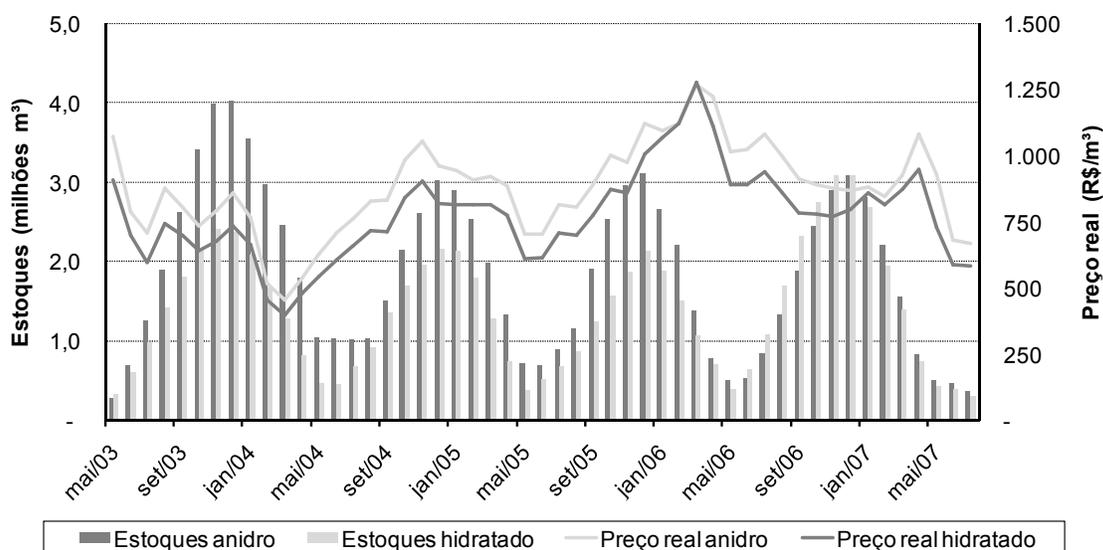


Figura 15 – Estoques e preços médios reais mensais (base julho 2007), pago às usinas, pelo álcool anidro e hidratado no estado de São Paulo

Fonte: Elaborado a partir de FAUSTINO JÚNIOR<sup>36</sup> e CEPEA (2006)

CNPE (2001) destaca que a Lei dos Estoques Estratégicos foi regulamentada pelo Decreto nº 238, de 24 de out. 1991, o qual definiu que o Sistema Nacional de Estoques de Combustíveis – SINEC tem por finalidade assegurar a normalidade do abastecimento nacional de combustíveis, divididos em reserva estratégica e estoque de operação, tendo esse último objetivos semelhantes aos de um estoque regulador. Entretanto, como destaca Soares (2003), esses sistemas de estoques, a serem mantidos pela União, nunca foram implementados. Segundo CNPE (2001), houve tentativas no sentido de aplicação do SINEC, mas que não progrediram em função dos altos custos desse sistema.

Nas condições atuais, dada a desregulamentação do mercado de combustíveis, a criação de estoques reguladores parece improvável, apesar da existência da lei. Para o caso específico do álcool combustível, observa-se que a programação de estoques é feita

<sup>36</sup> FAUSTINO JÚNIOR, M. **Produção Sucroalcooeira - Safra 2006/2007**. Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 3 set. 2007.

de acordo com as diretrizes de produção e comercialização de cada unidade produtora. A interferência direta do governo é pequena e o principal mecanismo de intervenção utilizado para a armazenagem de álcool tem dito respeito à alteração dos percentuais de mistura de álcool anidro na gasolina. Por exemplo, o aumento do percentual de mistura de álcool anidro a gasolina de 20% de 23% no final de 2006 representou um aumento anual de consumo de aproximadamente 750 mil m<sup>3</sup> de álcool anidro, o que corresponde a quase todo o estoque de passagem de álcool das usinas no ano-safra 2006/2007. Esse mecanismo será eficaz enquanto houver observação da participação secundária do álcool em relação ao mercado de combustíveis (XAVIER et al., 2008).

Outras discussões recorrentes para manutenção de níveis de preços menos sazonais do álcool são quanto à criação de contratos de longo prazo para a aquisição de álcool das usinas pelas distribuidoras ou importadoras. Entretanto, essa ainda é prática pouco comum no mercado. Agentes do setor<sup>37</sup> relatam que aproximadamente dois terços das compras de álcool são feitas no mercado *spot* e apenas um terço são feitos via contratos, os quais, majoritariamente, são de apenas um ano (informação pessoal e verbal). Apenas a BR Distribuidora, atualmente, realiza contratos de compra de álcool envolvendo prazos maiores que um ano e podendo chegar a três anos.

Espera-se que os grandes investimentos em infra-estrutura para o transporte de álcool possam contribuir para viabilizar a difusão de padrões de contratos de longo prazo uma vez que, esses investimentos dependem fundamentalmente de garantias de fluxos de combustíveis. E é nesse sentido que estão sendo planejados os investimentos da TRANSPETRO (JORNAL DA TRANSPETRO, 2007b).

Outras formas de contratos que também estão sendo discutidas e desenvolvidas são os contratos futuros de álcool. No entanto, esses contratos ainda apresentam baixa liquidez no Brasil e EUA, os principais países com contratos futuros de álcool em suas bolsas de mercadorias e futuros. Iniciativas na modificação desses contratos estão sendo feitas, como o novo contrato futuro de álcool lançado em 24 de abril de 2007 no Seminário Perspectivas para o *Agribusiness* em 2007 e 2008, promovido pela BM&F (mas ainda não se verifica a liquidez do novo contrato entre os agentes do mercado).

---

<sup>37</sup> Informações da entrevista de José Dirlei Marcello, Gerente de Planejamento e Mercado, da Sociedade SCA a Fábio Dolnikoff, mestrando em administração FEA-USP, em 18 jan. de 2007. **Entrevista SCA.** Recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 8 mar. 2007. Essas informações foram também confirmadas por Sérgio de Souza Araújo, Gerente de Operações Logísticas da distribuidora Repsol YPF, em 22 abr. 2007.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesse capítulo serão apresentadas as teorias que fundamentam o método a ser utilizado para a determinação do potencial dos locais de instalação de tanques de armazenagem de álcool combustível no Brasil.

#### **3.1 Teoria de localização**

Segundo Owen e Daskin (1998), a localização de estruturas logísticas é um elemento crítico no plano estratégico de empresas públicas ou privadas. Sendo as ramificações da instalação das estruturas fundamentalmente baseadas em variáveis estruturais, de longo-prazo, as quais impactam nas decisões operacionais e de logística. Os altos custos associados à aquisição de propriedades e a construção da infra-estrutura fazem a localização de estruturas investimentos de longo prazo, que para se tornarem lucrativos, são planejados para permanecerem em operações por longos períodos de tempo. Conseqüentemente, os tomadores de decisão devem selecionar localizações dependentes do tempo, as quais além de serem bem situadas para as condições atuais, também devem continuar lucrativas ao longo da existência da estrutura, independentemente das mudanças nos fatores ambientais, populacionais e de mercado. Identificar localizações robustas é, portanto, uma tarefa difícil e que exige a contabilização de incertezas sobre o futuro na tomada de decisão. A complexidade desse problema limitou a maior parte da literatura da teoria de localização a modelos simplificados que são estáticos e deterministas.

Alguns pesquisadores iniciaram os estudos dos aspectos dinâmicos e estocásticos da localização de estruturas muitos anos atrás. Especificamente para localização de estruturas de armazenagem, a partir do trabalho de revisão dessa dissertação, pode-se citar Ballou (1968), Sweeney e Tatham (1976) e Kilmer, Spreen e Tilley (1983), como exemplos de alguns de trabalhos iniciais que abordaram a questão da limitação dos modelos estáticos de localização e que procuram apresentar métodos mais robustos para localização de estruturas no longo prazo. Entretanto, a maior parte das pesquisas abordando esses temas foi publicada recentemente e utilizam recursos de heurísticas as quais não garantem a determinação de soluções ótimas. No entanto, as heurísticas definem boas soluções, sub-ótimas, importantes para soluções de problemas grandes e

complexos como a maior parte dos problemas reais de logística.

Modelos dinâmicos consideram a difícil questão da localização de uma estrutura considerando um longo horizonte de tempo. Já os modelos estocásticos tentam capturar a incerteza nos parâmetros de entrada do problema, tais como previsão de demanda e de custos de fretes. A literatura estocástica é dividida em duas classes: as que consideram explicitamente a probabilidade de distribuição da incerteza dos parâmetros e os que capturam essa incerteza a partir de análise de cenários ou análises de sensibilidade de respostas.

Como destacam Revelle e Eiselt (2005), existe uma infinidade de modelos para a solução de problemas de localização, muitos deles híbridos e que não podem ser classificados claramente nas diversas categorias existentes.

Ratick<sup>38</sup> et al. (1987) destacam que problemas de distribuição de *commodities* tipicamente apresentam variação sazonal anual e geográfica da oferta. A característica crítica desses problemas é a seleção de localizações de estoques (feitos nos períodos de produção maior que a demanda) para atendimento da demanda, relativamente constante (com períodos de consumo maior que a produção) a um mínimo custo. A consideração da variação sazonal na modelagem é motivada pela busca de maior realismo na representação desses problemas, mas há a dificuldade de se utilizar técnicas de diversas áreas da pesquisa operacional, conseqüentemente implicando a construção de modelos complexos.

Dessa forma, este trabalho será baseado em uma modelagem dinâmica simples, envolvendo o horizonte correspondente aos meses de um ano-safra, verificando seus custos de transporte, suas sazonalidades de produção, demanda e estoques, e custos de investimentos considerados como parcelas de pagamento de um investimento de longo prazo. Essa escolha é feita dadas as limitações de informações obtidas sobre a estrutura de distribuição de álcool no Brasil e devido à complexidade do desenvolvimento de uma solução mais ampla. A abordagem do problema estocástico é fundamental para este trabalho, vista a enorme evolução atual do mercado de álcool combustível. Essa

---

<sup>38</sup> RATICK, S. Professor da Clark University. **RE: Help with material access -- Brazilian student.** Mensagens contendo: cópia digitalizada de Ratick et al. (1987) e trabalho de extensão sobre distribuição ferroviária de 17 unidades produtoras de álcool combustível nos estados de Kansas e Nebraska para as regiões de São Francisco, na Califórnia, e de Dallas, no Texas; recebidas por <ceox@esalq.usp.br> em 17 nov. 2007.

abordagem será feita por meio da consideração ou não da construção de novos tanques e da flexibilização de parâmetros de custos de transporte e de armazenagem, de tal forma que no modelo matemático de otimização se possa determinar com maior robustez a localização e dimensionamento dos tanques de armazenagem para o mercado de álcool combustível.

Consideram-se as opções adotadas para a abordagem das questões dinâmicas e estocásticas do problema suficiente para os objetivos desse trabalho. Além disso, uma vantagem dessa abordagem é a maior facilidade para construção e interpretação dos resultados do trabalho.

### **3.1.1 Localização de estruturas logísticas**

As teorias relacionadas a problemas de localização têm como objetivo estabelecer o local para produção ideal de uma estrutura considerando a minimização dos custos de transporte envolvidos, obedecendo às restrições de produção, capacidade das instalações e de atendimento a uma determinada demanda.

Os primeiros estudos sobre essas teorias datam de meados do século XIX. Os autores mais citados na literatura, por desenvolverem as primeiras teorias clássicas sobre decisões relativas à escolha de locais para instalação de empreendimentos, são von Thünen, que investigou o impacto da distância do mercado sobre o uso da terra na produção agrícola, e Weber, que investigou a localização industrial para o posicionamento de armazéns de forma a minimizar a distância total entre eles e os clientes.

Weber (1962 apud Ferrari, 2006) afirma que a escolha do local mais apropriado para localização de um empreendimento é função dos fatores de alocação: custo de transporte e custo de mão-de-obra, além das chamadas forças de aglomeração, que determinariam a concentração de um empreendimento em função de fatores técnicos e de alocação, como por exemplo, as economias de escala envolvidas.

Alguns autores, citados por Azzoni<sup>39</sup> (1982 apud Oliveira, 2005), criticam a ênfase dada aos custos de transporte na determinação da localização de estruturas, afirmando que a participação destes no custo total do produto tem sido cada vez menor. Isso pode

---

<sup>39</sup> AZZONI, C.R. **Teoria da localização**: análise crítica a partir de evidências empíricas no estado de São Paulo. 1982. 141 p. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

até ser verdade para casos de produtos com alto valor agregado, porém no caso de *commodities* este custo ainda tem grande relevância.

Feldman, Lehrer e Ray (1966) destacam que os problemas de localização de estruturas de armazenagem não devem ser analisados unicamente como um problema de transporte, pois no processo de armazenamento existe uma economia de escala inerente à atividade. Essa economia é explicada pela redução do custo por unidade armazenada resultante do aumento da eficiência dos armazéns grandes em relação aos pequenos, decorrente da redução do custo fixo do armazenamento do produto.

Bowersox e Closs (2001) citam como principais variáveis em um estudo de localização ótima de armazéns:

- i. o número de armazéns a serem instalados;
- ii. os locais candidatos para a instalação dessas unidades;
- iii. as regiões e clientes atendidos por cada unidade;
- iv. os produtos a serem estocados em cada armazém;
- v. os canais logísticos envolvidos no acesso aos armazéns e no escoamento dos produtos até os mercados.

A análise simultânea dessas variáveis requer técnicas específicas, pois quanto maior o nível de detalhamento, maior a complexidade para a tomada de decisão, já que estas variáveis possuem forte interdependência entre si e não devem, portanto, ser analisadas de forma seqüencial ou segmentadas.

O desenvolvimento da programação linear tornou possível a modelagem de problemas mais complexos que os propostos por Weber, tornando possível a inclusão de várias regiões de demanda e de oferta. Dessa forma, se favorece o desenvolvimento e utilização de modelos multirregionais (RAMOS<sup>40</sup> 2001 apud OLIVEIRA, 2005). Modelos que tentam determinar a alocação de produtos a partir de várias regiões produtoras para várias regiões consumidoras, mas limitados pela consideração de produção e consumo regionais fixos (King, 1961 apud Barros, 2004; Bressler; King<sup>41</sup>, 1970 apud Barros, 2004). Segundo Barros (2004), o modelo multirregional parte das hipóteses de que um produto

---

<sup>40</sup> RAMOS, S.Y. **Avaliação da localização de packing-houses no estado de São Paulo: o caso da laranja de mesa.** 2001. 132 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

<sup>41</sup> BRESSLER, R.G.; KING, R.A. **Market, prices and interregional trade.** New York: John Wiley & Sons, 1970. 426 p.

homogêneo é produzido e consumido em quantidades predeterminadas em  $m$  pontos produtores e  $n$  pontos consumidores. Os diversos pontos de produção e consumo são conectados por vias de transporte, cujos custos unitários também são pré-determinados. O objetivo do modelo é obter o padrão de comércio inter-regional que minimizará o custo total de transferência. O autor também destaca que a limitação surgida ao considerar produção, consumo e custos de transporte fixos faz com que as soluções ótimas obtidas sejam consideradas de curto prazo.

Os modelos de programação linear, segundo Caixeta-Filho (2004, p. 11), estão apoiados na pressuposição da linearidade, ou seja, “todas as relações entre as variáveis devem ser lineares”, o que resulta na “proporcionalidade das contribuições envolvidas (por exemplo, a contribuição individual de cada variável é estritamente proporcional ao seu valor) e na aditividade (por exemplo, a contribuição total de todas as variáveis é igual à soma das contribuições individuais, independentemente dos valores das variáveis)”. Como destaca Oliveira (2005), algumas pressuposições dos modelos de programação linear são relativamente fortes, entretanto tornam a resolução do problema simples e rápida.

Bowersox e Closs (2001) ressaltam que os resultados alcançados por modelos de programação linear para problemas de transporte garantem a seleção de locais de custo mínimo; no entanto, neste método não é possível incluir os custos fixos, os quais estão normalmente presentes na implantação de instalações. Para solução desse problema, faz-se necessária a utilização da técnica de programação inteira-mista ou MIP (sigla em inglês para *Mixed Integer Program*), variação da técnica de programação linear envolvendo variáveis contínuas e inteiras (variáveis de decisão, normalmente binárias, relacionadas a criação ou não de estruturas em determinados locais).

Hamad (2006), em estudo com ampla revisão sobre modelos de localização constata a predominância do uso do MIP para resolução desse tipo de problema. Comenta que diversos autores atestam que as ferramentas de otimização usando MIP são as que têm apresentado melhores resultados para resolução dos modelos de localização e a apontam como a mais promissora para a localização de instalações. Estudo de Geoffrion e Powers<sup>42</sup> (1995 apud Hamad, 2006) apontava que, em 90% dos

---

<sup>42</sup> GEOFFRION, A.M.; POWERS, R.F. Twenty years of strategic distribution system design: an evolutionary perspective. **Interfaces**, Linthicum, v. 25, n. 5, p. 105–127, Sept./Oct. 1995.

casos, os modelos criados para localização de instalações utilizavam o MIP. Hamad (2006), no entanto, ressalta o crescente desenvolvimento de pesquisas voltadas ao uso de heurísticas as quais, portanto, têm sido mais utilizadas.

Em uma síntese a partir de revisão de trabalhos sobre teoria de localização, ReVelle e Eiselt (2005) ressaltam que as necessidades de variáveis de decisão são as maiores dificuldades para a solução de problemas de localização. Os autores destacam que os problemas de localização são *NP-hard*<sup>43</sup>, para a maioria dos casos, ou seja, são de difícil resolução devido ao seu fator de crescimento combinatorial com o número de possibilidades de localizações e a necessidade de teste exaustivo de todas as combinações de possibilidades de respostas. Dessa forma, algoritmos MIP podem determinar a solução ótima apenas para problemas de tamanhos moderados. Entretanto, avanços no desenvolvimento de algoritmos de otimização e na velocidade de processamento e mapeamento de memória dos processadores dos computadores pessoais contribuem para a resolução de problemas com um número cada vez maior de dados e de tamanho e complexidade crescentes.

Para o problema específico de localização de estruturas de armazenagens, tais como armazéns, tanques ou centros de distribuição, o problema da complexidade dos modelos é uma questão ainda maior, pois como ressaltam Nozick e Turnquist (1998, 2001), nas aplicações típicas de teoria de localização envolvendo MIP assume-se que a produção e a demanda são conhecidas, logo os custos de estoques, críticos para muitos problemas, são negligenciados ou desconsiderados na decisão de localização. Os autores procuram considerar os custos de estoques, tipicamente problemas não-lineares, tal como destacado por Baumol e Wolfe (1958) e Ballou<sup>44</sup> (2001 apud Croxton e Zinn, 2005), ao aproximá-los por uma função linear. Dessa forma, o coeficiente angular dessa função de custos pode ser diretamente incluído no custo fixo dos modelos localização, construindo uma mensuração mais completa e que procura representar as relações simultâneas entre localização, estoques e transporte, como apresentado, analisado, e

---

<sup>43</sup> A definição do National Institute of Standards and Technology – NIST é:

*The complexity class of decision problems that are intrinsically harder than those that can be solved by a nondeterministic Turing machine in polynomial time. When a decision version of a combinatorial optimization problem is proved to belong to the class of NP-complete problems, then the optimization version is NP-hard.* (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. Disponível em: <<http://www.nist.gov/dads/HTML/nphard.html>>. Acesso em: 18 dez. 2007)

<sup>44</sup> BALLOU, R.H. Unresolved issues in supply chain network design. **Information Systems Frontiers**, Chicago, v. 3, n. 4, p. 417-426, 2001.

destacado nas conclusões da solução proposta por Jayaraman (1998). Wanke (2007) também destaca a tentativa de se estabelecer ligações entre os modelos de programação matemática e os níveis de estoque, como as propostas por Croxton e Zinn (2005). Segundo esses autores, as redes de decisão de logística, geralmente, são modeladas como um *trade-off* entre transporte e custos fixos de armazenagem. Quando existem poucos armazéns, os custos fixos de armazenamento são baixos e os de transporte altos. À medida que se adicionam armazéns à rede, os custos fixos aumentam, mas os custos de transporte se reduzem. Croxton e Zinn (2005) complementam que falta nessa abordagem a inclusão dos custos de estoques. Segundo os autores o efeito geral da consideração desses custos nos problemas de localização é a diminuição do número total de armazéns na solução, o qual aparentemente passa a ser um subconjunto da resposta de um problema que não considera esses custos.

Lacerda (1999) comenta que em função da sua complexidade bastante alta, os problemas de localização envolvem um volume de dados muito grande. Isso ocorre porque análise desses problemas requer informações detalhadas sobre a demanda, custos de transporte, custos e taxas de produção, localização dos consumidores, localização dos atuais e prováveis pontos de estocagem e suprimento etc. Como os dados necessários geralmente não estão estruturados, um grande tempo dos estudos de localização é gasto em sua coleta, organização e estruturação.

Nesse sentido Francis, Lowe e Tamir (2000) afirmam que, com o objetivo de se resolver problemas de localização reais, geralmente grandes e complexos, é comum se utilizar da agregação de dados. Tal técnica torna os problemas menos precisos; no entanto, os torna computacionalmente tratáveis. Além disso, os autores ressaltam a necessidade de agregação de dados em função de questões de privacidade individual e de incerteza maior dos valores dos indivíduos do que dos grupos. A necessidade da agregação de dados é também compartilhada por Geoffrion<sup>45</sup> (1977 apud Vidal e Goetschalckx, 1998) e por Vidal e Goetschalckx (1998). Ballou<sup>46</sup> (1992 apud Vidal e Goetschalckx, 1998) comenta sobre a utilização de dados agregados em trabalhos de

---

<sup>45</sup> GEOFFRION, A.M. A priori error bounds for procurement commodity aggregation in logistics planning models. **Naval Research Logistics Quarterly**, Cambridge, v. 24, n. 2, p. 201-212, June 1977.

<sup>46</sup> BALLOU, R.H. **Business logistics management**. 3. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992. 688 p.

natureza estratégica, como esta dissertação. Ballou<sup>47</sup> (1994 apud Vidal e Goetschalckx, 1998) faz ressalvas sobre do número, tamanho e a proximidade entre locais definida pela agregação de dados para a precisão das localizações ótimas.

Lacerda (1999) afirma que as aplicações para os estudos de localização são muito amplas. Podem ser utilizadas para decisões de nível estratégico, como determinação do número, tamanho e localização de armazéns; nível tático, como a definição da alocação de clientes a bases de distribuição; e de nível operacional, como a elaboração de planos de contingência para alocar de forma ótima os clientes em caso de dificuldade na movimentação de seus produtos. O autor também destaca que estudos de localização podem ser usados para fins de confecção de objetivos exploratórios, como avaliar o impacto de mudanças de mercado na infra-estrutura logística existente, a chamada análise de cenários, primeiramente utilizada em problemas de localização por Schilling<sup>48</sup> (1982 apud ReVelle e Eiselt, 2005).

Na análise de cenários, através de mudanças de parâmetros pertinentes, resultados decorrentes são comparados. Trata-se de uma aplicação interessante, por exemplo, quando se estuda o impacto da variação sistemática de um único fator sobre as variáveis de interesse com o objetivo de quantificar relações relevantes para tomadas de decisão específicas.

Uma última consideração relevante para os problemas de localização, tal como destacado em Yoshizaki et al. (1996, 1997) e analisado por ReVelle e Eiselt (2005) diz respeito aos pontos de vista pelos quais se procura satisfazer a função objetivo do problema de localização.

### 3.1.2 Experiências na aplicação da programação inteira-mista

Muitos trabalhos para a avaliação de localizações ótimas para implantação de atividades agroindustriais que utilizaram modelos matemáticos MIP já foram desenvolvidos. Lucas e Chhajed (2004) apresentam ampla pesquisa de revisão sobre as técnicas de pesquisa operacional utilizadas para problemas de localização na agricultura. Destacam as características específicas desse problema nesse setor como: problemas de

---

<sup>47</sup> BALLOU, R.H. Measuring transport costing error in customer aggregation for facility location. **Information Systems Frontiers**, Chicago, v. 33, n. 3, p. 49-59, 1994.

<sup>48</sup> SCHILLING, D. Strategic facility planning: the analysis of options. **Decision Sciences**, Atlanta, v. 13, n. 1, p. 714-724, 1982.

tamanhos e escopo muito amplos, consideração de objetivos múltiplos e conflitantes, que causam aumento do nível de complexidade das soluções. Além disso, ressaltam as questões de variabilidade de produção, as quais demandam a necessidade da incorporação do uso do tempo como parâmetro relevante para a modelagem e a análise de resultados, assim como uma extensiva análise de sensibilidade das respostas.

Um dos trabalhos clássicos na economia agrícola que utilizaram MIP para localização de estruturas logísticas é o de King e Logan (1964), que procuraram a localização e dimensionamento ótimo de frigoríficos bovinos na Califórnia.

Hilger, MacCarl e Uhrig (1977) utilizaram MIP para determinar a organização ótima dos sub-terminais de armazenagem de grãos (milho e soja) na região noroeste do estado de Indiana nos EUA. O objetivo do modelo consistiu na minimização dos custos de movimentação dos grãos em um horizonte de doze meses. Considerou-se os custos de transporte dos grãos desde os (105) armazéns coletores (*elevators*) até os (19 potenciais localizações) sub-terminais ou aos (13) destinos finais, e dos sub-terminais até o destino final. Também foram considerados os custos de armazenagem temporária e não-temporária dos grãos nos armazéns e subterminais, mais os custos de implantação dos sub-terminais. Para a resolução do problema MIP os autores utilizaram a técnica de decomposição de Benders<sup>49</sup> (hoje em desuso) a qual, basicamente, divide a resolução desse problema MIP de tamanho grande em dois subproblemas cujas resoluções iterativas garantiriam a otimização do problema original. Os autores consideraram dois diferentes cenários para que se fizesse uma análise empírica da modelagem proposta: um cenário de baixo e outro de alto volume de exportação de grãos. Como resultados, obtiveram que no início da resolução iterativa da decomposição de Benders os sub-terminais contribuem para redução de custos da movimentação dos grãos independentemente de sua localização, e que à medida que o número de sub-terminais se aproxima do ótimo, a localização desses se torna uma questão relevante. Uma conclusão importante desse trabalho foi a de que as economias de custos obtidas em função da construção dos sub-terminais são altamente dependentes da estrutura das tarifas ferroviárias. Uma vez que as ferrovias são uma importante modalidade de transporte utilizada entre os *elevators* e os sub-terminais nessa região. Outra conclusão foi a de que a maior robustez da resposta da localização dos sub-terminais é garantida

---

<sup>49</sup> Para maiores detalhes, vide Benders (1962).

pela sua função de armazenagem. Uma importante característica desse modelo é que não se considera limitações de capacidade mínima ou máxima dos novos sub-terminais e que não há relação entre os fluxos de transporte que passam por *elevators* e sub-terminais com suas respectivas capacidades de armazenagem. Em relação aos custos fixos de construção dos subterminais, não se pôde verificar se foram consideradas economias de escala.

Oliveira (2005) utilizou um modelo MIP para identificar as regiões mais apropriadas para instalação de centros coletores e armazenadores de açúcar que priorizassem a utilização do transporte ferroviário para a exportação no estado de São Paulo. Destaca-se, do modelo apresentado nesse trabalho, uma restrição que relaciona o dimensionamento da capacidade dinâmica das estruturas de armazenagem proporcionalmente aos fluxos de transporte anual que passam por elas, além da estrutura de custos dos armazéns a que considera apenas seus componentes fixos. Ressalta-se também que na modelagem não se é considerada nenhuma relação entre capacidade dinâmica e capacidade estática, a qual é feita de forma qualitativa para a definição dos parâmetros de capacidade dinâmica dos armazéns.

Ferrari (2006) também utilizou um modelo MIP para a identificação das microrregiões do estado do Mato Grosso mais apropriadas para a instalação de estruturas de armazenamento de soja, determinando o número de armazéns e a sua capacidade em cada microrregião. Os resultados apresentados foram obtidos por meio da determinação de diversos cenários que procurassem minimizar os custos de armazenagem, expedição e construção do armazém, além dos custos de transporte envolvidos. Uma observação interessante sobre o modelo apresentado nesse trabalho é que o dimensionamento da capacidade estática de armazenamento é determinado, indiretamente, pela quantidade de estoque máxima do armazém, ou seja, pelo máximo valor de excedente de produção mensal (produção do mês que não foi comercializado no mesmo mês) mais estoque mensal acumulado, tal como também utilizado por Ratick et al. (1987) e Hilger, MacCarl e Uhrig (1977).

Em estudo de caso sobre planejamento de transporte e armazenagem de açúcar e álcool para o grupo COPERSUCAR, Kawamura, Roncioni e Yoshizaki (2006) utilizaram restrição para o dimensionamento do volume de estoque das unidades produtoras e armazenadores externos de forma semelhante à utilizada no trabalho de Ferrari (2006)

para os armazéns. Colin, Cipparone e Shimizu (1999) especificaram modelagem semelhante para depósitos de açúcar em trabalho que abordou a otimização do custo de transporte na distribuição e armazenagem de açúcar.

Dubke (2006) desenvolveu modelo MIP baseado nas teorias de transbordo (basicamente consiste no fato dos bens e serviços poderem passar por pontos intermediários entre sua origem e destino final), combinadas com os modelos quantitativos de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos (basicamente, as plantas possuem restrição de capacidade e podem acondicionar diferentes *commodities*). Dessa maneira, pode-se definir quais as alternativas para uma escolha da localização e capacidade de terminais especializados de soja que maximizasse o lucro (calculado pela diferença entre o preço da soja pago pelos demandantes e os custos de transporte, custos fixos de instalação dos terminais e seus custos fixos e variáveis do serviço) do volume exportado de soja em grãos, farelo de soja e óleo de soja pelo Brasil no ano de 2004. Esse trabalho compreendeu dados de seis pontos de origem, seis potenciais localizações de terminais especializados em portos e três portos de destino no exterior. Nesse estudo foi realizada análise de sensibilidade relacionada à ampliação da capacidade, ao investimento, aos custos de transporte e preços e alguns fatores qualitativos relevantes que pudessem ser causadores de entraves à localização de terminais especializados e plataformas logísticas no Brasil.

Yoshizaki (2002) procurou identificar a influência da estrutura de alíquotas internas e interestaduais do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS sobre o projeto de localização de centros de distribuição para indústrias de bens de consumo não-duráveis. Utilizou um modelo MIP para um problema de localização de centros de distribuição com custos fixos de instalação com economias de escala, determinadas por variáveis binárias de decisão de localização que possuíam dois índices: um para a definição de localização e outro para a definição de tamanho de armazém, mesma solução utilizada por Ferrari (2006) para um de seus cenários. O autor conclui que a estrutura desse tributo afeta os custos logísticos e a decisão de localizar instalações logísticas no Brasil.

O’Kelly et al. (1996), em contribuição à formulação de problemas de localização de centros de concentração de carga (*hubs*), apresentam uma evolução de um modelo linear MIP de menor complexidade e apto a atingir respostas ótimas para modelos de grandes

dimensões. É interessante que nesse trabalho há uma hierarquização entre os pontos que constituem a rede de transporte. Dessa forma, os fluxos devem sempre passar pelos centros concentradores de carga, os quais recebem fluxo de um conjunto de pontos de origem, repassando esses fluxos a outros *hubs*, os quais então distribuem os fluxos concentrados aos pontos de destino. Nessa formulação chama a atenção o caso de alocação de um conjunto de origens a um único *hub* e um conjunto de destino a outro único *hub*, uma idéia que pode contribuir para a diminuição da possibilidade de fluxos entre um conjunto de origens e destinos.

Essa idéia foi interessantemente utilizada por Alamo e Brinati (2006) na modelagem do problema de uma empresa transporte de encomendas expressas no Brasil. Os autores consideraram a possibilidade de *mini-hubs* para a comunicação entre origens e destinos em uma mesma região. Enquanto os *hubs* principais realizam as transferências entre os *mini-hubs*, ou seja, ligam origens e destinos de diferentes regiões. Dessa forma, os *hubs* principais distribuem os fluxos concentrados pelos *mini-hubs* de origem aos *mini-hubs* de destino, os quais são os responsáveis pelas entregas aos destinos finais. Outra formulação que se destaca em O’Kelly et al. (1996) é a definição de um parâmetro associado a um fator de economia para o transporte de mercadorias entre os *hubs*. Em um trabalho seguinte, O’Kelly e Bryan (1998) aprimoraram a formulação do modelo de forma a se considerar o fator de economia de transporte como um variável endógena do problema, questão negligenciada na formulação anterior e que influenciava alocações e localizações errôneas de *hubs*. Essa formulação MIP foi possível por meio da aproximação da curva de economia de escala em função do fluxo de transporte, por diversas classes de funções lineares (custos fixos mais custos de transporte por unidade de fluxo) para algumas faixas de capacidade de transporte do *hub* considerado. Dessa forma, o dimensionamento da capacidade de fluxo do *hub*, ou seja, de seu custo e fator de economia de transporte, era determinado por uma variável inteira. Essa variável indiretamente definiria os custos relacionados ao *hub* de forma a minimizar o custo de transporte do problema.

A partir da interpretação das formulações propostas nos experiências de aplicações de modelos MIP para localização de estruturas logísticas e da revisão sobre a teoria de localização, no capítulo seguinte, se apresenta o modelo proposto neste trabalho.

## 4 MATERIAL E MÉTODO

Algumas interpretações dos comentários de ReVelle e Eiselt (2005) que resumem bem as dificuldades enfrentadas para a construção do modelo de localização podem ser aplicados a esta dissertação, conforme apresentado a seguir.

Embora o campo de pesquisa sobre teoria de localização seja muito ativo, quando se trata de estudos aplicados, parece haver uma grande defasagem quando o compara a campos de pesquisas similares. Uma razão disso pode ser o fato de os problemas de localização enfrentados pelos tomadores de decisão dizem respeito a problemas estratégicos, com múltiplos objetivos e cujas estruturas não se enquadram facilmente em nenhuma das diversas categorias de problemas de localização. Além disso, as pesquisas universitárias geralmente possuem pouco incentivo para aplicar as metodologias da teoria de localização, já que os artigos científicos com aplicações de métodos, geralmente, não ganham credibilidade se não incorporarem contribuições teóricas.

Em outras palavras, os maiores obstáculos para a solução de muitos problemas de localização são problemas de medidas, de consenso entre os tomadores de decisão e de persuasão sobre as opções de localização para o público em geral.

Uma possibilidade para superar esses problemas passa pela construção de problemas mais integrados e compreensíveis, mas o que traz como desvantagem o aumento de complexidade do modelo e de exigências dos algoritmos de resolução. Outra possibilidade é desenvolver subproblemas simples, com estruturas que se enquadram nas categorias básicas de problemas de localização, dentro do contexto de suporte à tomada de decisão, e que se utilizem de extensiva análise de sensibilidade. Se possível, a utilização de Sistemas de Informação Geográfica – SIG pode contribuir enormemente para a comunicação e explicação dos resultados dos modelos.

Nesta dissertação se procurará, portanto, o desenvolvimento de um modelo matemático, utilizando a programação inteira-mista, que procure criar uma indicação de natureza estratégica, aos tomadores de decisão, sobre a estrutura de transporte e armazenagem de álcool combustível ao longo de um ano-safra. O desenvolvimento desse modelo matemático se pautará pela simplificação do nível de complexidade computacional exigida. Dessa forma, a questão dos estoques de álcool será simplificada em detrimento da ênfase no problema de transporte, uma vez que as informações obtidas

sobre a formação e custos de estoques são pouco precisas; além disso, conforme interpretado das conclusões de Croxton e Zinn (2005), os estoques apresentam influência maior no dimensionamento do que na localização das estruturas. Também, por motivos de simplificação, as considerações de economias de escala e da sazonalidade nos custos de transporte e armazenagem também serão negligenciadas na modelagem. Essas considerações procurarão ser marginalmente refletidas nas considerações dos dados de entrada do modelo, os quais procuram representar as condições vigentes no mercado de produção e distribuição de álcool combustível no país.

#### **4.1 Modelo matemático proposto**

O objetivo do modelo desenvolvido neste trabalho é encontrar as regiões com maior potencial para a construção de tanques de armazenagem e distribuição dos dois tipos de álcool combustível no Brasil. Essa determinação é feita via minimização dos custos de transporte e armazenagem do álcool combustível e do custo de construção de novos tanques para a armazenagem e distribuição desse combustível. Além disso, o modelo buscará determinar a capacidade mais adequada para os tanques, respeitando a oferta das regiões produtoras e a demanda das regiões consumidoras.

A idéia geral é modelar matematicamente o fluxo de álcool combustível que sai das regiões produtoras do Brasil com destino ou à exportação ou ao mercado interno via transferência pelas bases de distribuição ou terminais<sup>50</sup> até finalmente atingirem os postos consumidores. Este álcool combustível disponível nas usinas (quantidade produzida no mês mais quantidade armazenada no início do mês) pode ou ser enviado às bases ou ser exportado ou armazenado na própria região produtora para o mês seguinte. Caso seja enviado às bases, será obrigatoriamente transportado por caminhão entre a região produtora e a base. Nessas bases o álcool combustível disponível (quantidade comprada durante o mês das regiões produtoras mais quantidade armazenada no início do mês) pode ou ser armazenado para o mês seguinte ou ser vendido às regiões consumidoras ou transferido a uma segunda base. A transferência entre bases poderá ser feita via o modal de transporte mais competitivo disponível nessa ligação (rodovia, ferrovia, dutovia, hidrovía ou cabotagem). Na segunda base, o álcool combustível disponível (quantidade

---

<sup>50</sup> Ao longo do texto, o termo base será usado para se referir ao conjunto formado pelas bases de distribuição das distribuidoras e pelos terminais de transporte de combustível.

comprada durante o mês das primeiras bases mais a quantidade armazenada no início do mês) pode ser armazenado para o mês seguinte ou transferido novamente ou vendido às regiões consumidoras. O álcool vendido pelas bases às regiões consumidoras também será transportado exclusivamente por caminhão. Em relação ao álcool exportado pelas regiões produtoras, poderá seguir um caminho direto entre região de produção e porto exportador ou ele poderá ser enviado a um terminal de interior de onde seguirá até o terminal no porto exportador, via modal de transporte mais competitivo (rodovia, ferrovia ou dutovia). No porto exportador, o álcool combustível será exclusivamente exportado, não sendo programada a possibilidade de estoque; entretanto será dimensionada uma capacidade mínima de tancagem devido às necessidades de capacidade dinâmica de armazenagem.

O objetivo do modelo, então, será o de determinar os locais mais adequados para instalação de novos tanques de armazenagem de álcool combustível, suas capacidades ótimas e os fluxos do produto que levam a um custo logístico mínimo. Espera-se, portanto, obter a minimização dos custos de transporte, armazenagem e de construção de novos tanques dadas as restrições de oferta, demanda, capacidade de armazenagem disponível, custos de transporte e armazenagem e custos de construção de novos tanques.

#### **4.1.1 Representação esquemática do modelo**

A Figura 16 apresenta esquematicamente as etapas do fluxo de transporte mensal do álcool combustível que devem ser iterativamente determinadas no modelo matemático proposto para a solução do problema de otimização. O primeiro fluxo ( $F_u$ ), obrigatório, ocorre entre as regiões produtoras e as bases das distribuidoras e terminais (chamadas de Bases 1); a ele segue-se o fluxo, opcional, dependente da competitividade dos modais de transporte, entre bases de distribuição (por simplificação foi representado apenas um fluxo entre bases, embora possam existir várias etapas de transferências encadeadas na modelagem proposta). Um terceiro fluxo, também obrigatório, o fluxo de entrega ( $F_d$ ), ocorre entre as bases (chamadas de Bases 2) e as regiões consumidoras. Outros fluxos possíveis são os relativos à exportação, como o fluxo direto entre regiões produtoras e portos ( $F_e$ ) e o fluxo de exportação via Bases 1 ( $F_{de}$ ), que é seqüencial e igual ao fluxo ( $F_{ue}$ ), que deve se aproveitar da competitividade da infra-estrutura logística das bases e

terminais para realizar as exportações. Finalmente, há os fluxos destinados ao armazenamento, que podem ocorrer nas regiões produtoras e bases.

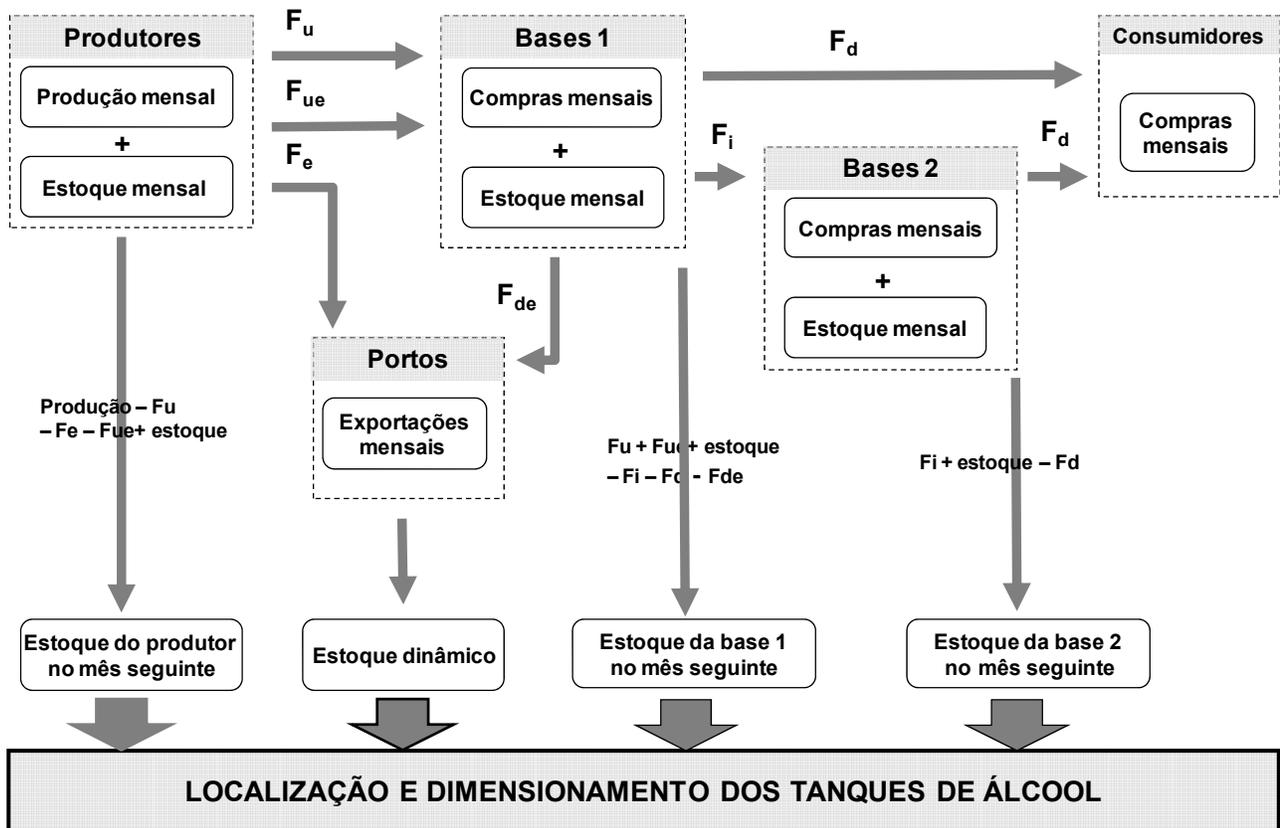


Figura 16 – Representação esquemática do modelo de localização e dimensionamento dos tanques de armazenamento de álcool

Por meio da determinação desses fluxos de transporte, de forma a minimizar os custos logísticos do mercado de álcool brasileiro, dadas as restrições (de oferta, demanda, exportações, capacidade de armazenagem disponível), e parâmetros de custos de transporte, armazenagem e de construção de novos tanques, se obtém a localização e dimensionamento ótimo de novos tanques de álcool no país.

#### 4.1.2 Representação matemática do modelo

O modelo elaborado tem o objetivo de determinar o mínimo custo logístico na distribuição e armazenagem de álcool combustível no Brasil, alocando, quando possível, novos tanques de armazenagem e distribuição de álcool combustível. A partir dos resultados obtidos será então possível comparar a atual estrutura de armazenagem de

álcool no país a uma condição hipotética ideal, que considere os custos de fretes e a construção de novos tanques de armazenagem dos dois tipos de álcool combustível.

A estrutura matemática do modelo é seguinte:

### Função Objetivo:

$$\text{Min} \left( \begin{array}{l} \sum_{u=1}^{n_u} \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{t=1}^2 \sum_{s=1}^{13} f_{u_{udts}} (ct_{u_{ud}} + to) + \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{d_1=1}^{n_d} \sum_{t=1}^2 \sum_{m=1}^{n_m} \sum_{s=1}^{13} f_{i_{dd_1tms}} (desc_m ct_{i_{dmd_1}} + to) + \\ \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{p=1}^{n_p} \sum_{t=1}^2 \sum_{s=1}^{13} f_{d_{dpts}} ct_{d_{dp}} + \sum_{u=1}^{n_u} \sum_{e=1}^{n_e} \sum_{t=1}^2 \sum_{s=1}^{13} f_{e_{uets}} (ct_{e_{ue}} + tp_e) + \\ \sum_{u=1}^{n_u} \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{t=1}^2 \sum_{s=1}^{13} f_{ue_{udts}} (ct_{ue_{ud}} + to) + \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{d_1=1}^{n_d} \sum_{t=1}^2 \sum_{m=1}^{n_m} \sum_{s=1}^{13} f_{de_{detms}} (desc_m ct_{de_{dme}} + tp_e) + \\ \sum_{u=1}^{n_u} \sum_{t=1}^2 \sum_{s=1}^{12} q_{au_{uts}} ca_u + \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{t=1}^2 \sum_{s=1}^{12} q_{ad_{dts}} ca_d + \\ \sum_{u=1}^{n_u} \sum_{t=1}^2 tt_{u_{ut}} cc_u + \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{t=1}^2 tt_{d_{dt}} cc_d + \sum_{e=1}^{n_e} \sum_{t=1}^2 tt_{e_{et}} cc_e \end{array} \right) \quad (1)$$

sendo:

### Unidades de medidas adotadas

$m^3$  para medidas de fluxos, armazenagem, consumo e produção

$R\$/m^3$  medida de custos

### Índices

$u$  região produtora de álcool combustível (número total de  $n_u$ );

$d$  bases de distribuição de álcool combustível (número total de  $n_d$ );

$d_1$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{bases de distribuição, tal como } d. \text{ É utilizado para que se possa diferenciar} \\ \text{bases de distribuição de origem e de destino nos fluxos entre bases (fi)} \end{array} \right.$

$p$  regiões consumidoras de álcool combustível (número total de  $n_p$ );

$e$  porto exportador de álcool combustível (número total de  $n_e$  portos)

$s$  mês do ano (número total de 13 meses<sup>51</sup>);

<sup>51</sup> Além dos 12 meses do ano, foi criado um mês fictício (dist), no qual todo o combustível armazenado é forçado a ser distribuído. Esse mês foi criado com o objetivo de se evitar que as regiões produtoras, distantes dos centros consumidores e portos, mantivessem a maior parte da sua produção armazenada como estoque de passagem de um ano-safra para outro. Como o horizonte de minimização de custos considerado no modelo foi de apenas 1 ano, o custo de distribuição do estoque de passagem não seria considerado em 12 meses. Então, para cobrir essa limitação da modelagem, foi criado o 13º mês, quando todo álcool ainda armazenado é obrigatoriamente distribuído.

- $m$  modal de transporte utilizado (rodoviário, ferroviário, hidroviário, dutoviário, ou cabotagem);
- $t^{52}$  tipo de álcool (anidro ou hidratado).

### Conjuntos de possibilidades de combinações de índices

Os conjuntos de possibilidades de combinações de índices foram criados para que se pudesse diminuir o nível de complexidade do modelo, já que se restringe o número de combinações de pares origem-destino e modal de transporte. Além disso, são necessários para a melhor representação dos fluxos de transporte praticados no país.

- UD { É um subconjunto do conjunto formado por todas as combinações possíveis de regiões produtoras  $u$  e bases  $d$ .
- DP { É um subconjunto do conjunto formado por todas as combinações possíveis de bases  $d$  e regiões consumidoras  $p$ .
- DDM { É um subconjunto do conjunto formado por todas as combinações possíveis entre duas bases  $d$  e modais de transporte  $m$ .
- UE { É um subconjunto do conjunto formado por todas as combinações possíveis de regiões produtoras  $u$  e portos  $e$ .
- UDE { É um subconjunto do conjunto formado por todas as combinações possíveis entre regiões produtoras  $u$  e bases  $d$ .
- DEM { É um subconjunto do conjunto formado por todas as combinações possíveis de bases  $d$ , portos  $p$  e modalidades de transporte  $m$ .

### Parâmetros

- $ctu_{ud}$  custo do transporte rodoviário da região produtora  $u$  e para base  $d$ ;
- $cti_{dm1}$  custo do transporte por modal  $m$  entre bases  $d$ ;
- $ctd_{dp}$  custo do transporte rodoviário da base  $d$  para região consumidora  $p$ ;
- $cte_{ue}$  custo do transporte rodoviário da região produtora  $u$  para o porto  $e$ ;

<sup>52</sup> Como o álcool anidro não é consumido em sua forma pura, mas adicionado à gasolina, seu fluxo de transporte é uma abstração que considera a participação percentual desse tipo de álcool na composição final da gasolina C.

$ctue_{ud}$	{	custo do transporte rodoviário da região produtora $u$ para a base $d$ com o objetivo de exportação via base (fluxo indireto de exportação usinas base);
$ctde_{dme}$		custo do transporte por modal $m$ da base $d$ para o porto e com o objetivo de exportação via base (fluxo indireto de exportação base porto);
$to$		custo da tancagem operacional para recepção de álcool nas bases;
$tp_e$		tarifa portuária no porto $e$ ;
$cau$		custo mensal de armazenagem na região produtora $u$ ;
$cad$		custo mensal de armazenagem na base $d$ ;
$ccu$		custo de construção de um tanque na região produtora $u$ ;
$ccd$		custo de construção de um tanque na base $d$ .

### Variáveis

$fu_{udts}$	{	fluxo mensal de transporte da região produtora $u$ para a base $d$ do álcool $t$ . São considerados apenas os fluxos $fu_{udts}$ cujo par $ud$ , representado como $(u,d)_{fu}$ pertença ao conjunto UD;
$fd_{dpts}$		fluxo mensal de transporte entre base $d$ e região consumidora $p$ do álcool $t$ . São considerados apenas os fluxos $fd_{dpts}$ cujo par $dp$ , representado como $(d,p)$ pertença ao conjunto DP;
$fi_{dd1tms}$	{	fluxo mensal de transporte de uma base $d$ para outra, via modal $m$ , do álcool $t$ . São considerados apenas os fluxos $fi_{ddtms}$ cujo trio $ddm$ , representado como $(d,d,m)$ ou $(d,d_1,m)$ ou $(d_1,d,m)$ pertença ao conjunto DDM;
$fe_{uets}$		fluxo mensal de transporte da região produtora $u$ para o porto $e$ do álcool $t$ . São considerados apenas os fluxos $fe_{uets}$ cujo par $ue$ , representado como $(u,e)$ pertença ao conjunto UE;
$fue_{udts}$	{	fluxo mensal de transporte indireto de exportação no sua parte inicial, ou seja, entre região produtora $u$ e base $d$ , do álcool $t$ . São considerados apenas os fluxos $fue_{udts}$ cujo par $ud$ , representado por $(u,d)_{fue}$ pertença ao conjunto UDE;
$fde_{detms}$		fluxo mensal de transporte indireto de exportação na sua parte final, ou seja, de uma base $d$ para o porto, via modal $m$ , do álcool $t$ . São considerados apenas os fluxos $fde_{dmtms}$ cujo trio $dem$ , representado como $(d,e,m)$ pertença ao conjunto DEM;

- $qau_{uts}$  quantidade mensal de álcool  $t$  armazenada na região produtora  $u$ ;  
 $qad_{dts}$  quantidade mensal de álcool combustível  $t$  armazenada na base  $d$ ;  
 $ttu_{ut}$  capacidade dos tanques a serem construídos na usina  $u$  de álcool tipo  $t$ ;  
 $ttd_{dt}$  capacidade dos tanques a serem construídos na base  $d$  de álcool tipo  $t$ ;  
 $tte_{et}$  capacidade dos tanques a serem construídos no porto  $e$  de álcool tipo  $t$ ;

### Restrições:

- i. *Demanda mensal de álcool combustível nos postos:* a quantidade de cada álcool  $t$ , consumida na região consumidora  $p$  no mês  $s$  ( $DE_{pts}$ ) deve ser igual à soma da quantidade de álcool transportada das bases a essa região nesse mês.

$$\sum_{d=1}^{n_d} fd_{dpts} = DE_{pts}, \quad \forall p, t, s, (d, p) \in DP \quad (2)$$

- ii. *Exportação mensal de álcool combustível nos portos:* a quantidade de cada álcool  $t$ , exportada via porto  $e$  no mês  $s$  ( $EXP_{ets}$ ) deve ser igual à soma da quantidade de álcool transportada no mês  $s$  das regiões produtoras e bases a esse porto.

$$\sum_{u=1}^{n_u} fe_{uets} + \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{m=1}^{n_m} fde_{dmets} = EXP_{ets}, \quad \forall e, t, s, (u, e) \in UE \quad (3)$$

- iii. *Oferta disponível nas regiões produtoras para exportação mensal de álcool combustível:* determina a quantidade mínima, calculada como a parcela da produção, de cada tipo de álcool  $t$ , de cada região produtora  $u$ , destinada à exportação ( $Pexp_{ut} \sum_{s=1}^{13} PD_{uts}$ ). Essa restrição é necessária para se evitar que apenas as regiões próximas aos portos sejam exportadoras. Além disso, representa melhor as possibilidades de oferta disponíveis para o mercado interno.

$$\sum_{e=1}^{n_e} \sum_{s=1}^{13} fe_{uets} + \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{s=1}^{13} fue_{udts} = Pexp_{ut} \sum_{s=1}^{13} PD_{uts}, \quad (4)$$

$$\forall u, t, (u, e) \in UE, (u, d)_{fue} \in UDE$$

- iv. *Equilíbrio de exportações indiretas:* determina que a primeira etapa dos fluxos de exportação indireta, de álcool tipo  $t$ , no mês  $s$ , entre regiões produtoras  $u$  e bases  $d$ , seja igual aos fluxos de exportação indireta na segunda etapa, entre bases  $d$  e portos  $e$  via modais  $m$ .

$$\sum_{e=1}^{n_e} \sum_{m=1}^{n_m} fde_{detms} = \sum_{u=1}^{n_u} fue_{udts}, \quad \forall d, t, s, (d, e, m) \in \text{DEM}, (u, d)_{fue} \in \text{UDE} \quad (5)$$

- v. *Capacidade de armazenagem estática*: o volume de álcool  $t$  armazenado em uma região produtora  $u$  ou base  $d$  no mês  $s$  deve ser menor que a capacidade de armazenagem estática de álcool tipo  $t$  já existente nessa região produtora ( $tu_{ut}$ ) ou base ( $td_{dt}$ ) mais a capacidade de armazenagem estática dos tanques a serem construídos na região produtora ou bases.

$$tu_{ut} + ttu_{ut} \geq qau_{uts}, \quad \forall u, t, s \quad (6)$$

$$td_{dt} + ttd_{dt} \geq qad_{dts}, \quad \forall d, t, s \quad (7)$$

- vi. *Capacidade de armazenagem dinâmica da região produtora*: o fluxo mensal de álcool  $t$  pela região produtora  $u$ , ou seja, a produção do mês  $s$  mais estoques existentes no mês  $s-1$  deve ser menor que a capacidade de armazenagem dinâmica de álcool  $t$  dessa região. A capacidade dinâmica de  $u$  é definida pelo produto entre a taxa de giro médio de estoque da região produtora ( $teu$ ) e sua capacidade estática de armazenagem ( $tu_{ut} + ttu_{ut}$ ).

$$teu(tu_{ut} + ttu_{ut}) \geq PD_{uts} + qau_{uts-1} + EIU_{uts=1}, \quad \forall u, t, s \quad (8)$$

- vii. *Capacidade de armazenagem dinâmica da base*: o fluxo no mês  $s$  de álcool  $t$  pela base  $d$ , ou seja, a soma entre os fluxos no mês  $s$  das regiões produtoras ( $fu$  e  $fue$ ) e das bases para a base  $d$  ( $fi$ ), mais estoques existentes no mês  $s-1$ , deve ser menor que a capacidade de armazenagem dinâmica de álcool tipo  $t$  dessa base. A capacidade dinâmica da base  $d$  é definida pelo produto entre a taxa de giro médio de estoque da base ( $ted$ ) e sua capacidade estática de armazenagem ( $td_{dt} + ttd_{dt}$ ).

$$ted(td_{dt} + ttd_{dt}) \geq qad_{dts-1} + \sum_{u=1}^{n_u} fu_{udts} + \sum_{u=1}^{n_u} fue_{udts} + \sum_{d_1=1}^{n_d} \sum_{m=1}^{n_m} fi_{d_1dts}, \quad (9)$$

$$\forall d, t, s, (u, d)_{fu} \in \text{UD}, (u, d)_{fue} \in \text{UDE}, (d_1, d, m) \in \text{DDM}$$

- viii. *Capacidade de armazenagem dinâmica dos portos*: A capacidade dinâmica do porto deve ser suficiente para que todo o fluxo de álcool  $t$ , no mês  $s$ , passe pelo porto  $e$ .

$$tte_{et} \geq \sum_{e=1}^{n_e} fe_{uets} + \sum_{d=1}^{n_d} \sum_{m=1}^{n_m} fde_{detms}, \quad \forall e, t, s, (d, e, m) \in \text{DEM}, (u, e) \in \text{UE} \quad (10)$$

- ix. *Quantidade de álcool armazenado na região produtora no mês*: a quantidade de álcool tipo  $t$  armazenada em uma região produtora  $u$  no mês  $s$  é igual à diferença entre a quantidade de álcool produzida e vendida nessa usina, no mês  $s$ , somada com a quantidade de álcool armazenada nessa usina no mês  $s-1$ .

$$qau_{uts} = PD_{uts} + qau_{uts-1} + EIU_{uts=1} - \sum_{d=1}^{n_d} fu_{udts} - \sum_{e=1}^{n_e} fe_{uets} - \sum_{d=1}^{n_d} fue_{udts}, \quad (11)$$

$$\forall u, t, s, (u, d)_{fu} \in \text{UD}, (u, e) \in \text{UE}, (u, d)_{fue} \in \text{UDE}$$

- x. *Quantidade de álcool armazenado na base no mês*: a quantidade de álcool tipo  $t$  armazenada em uma base  $d$ , no mês  $s$ , é igual à diferença entre a quantidade de álcool que entra e que sai dessa base, no mês, somada com a quantidade de álcool armazenada nessa base no mês  $s-1$ .

$$qad_{dts} = \sum_{u=1}^{n_u} fu_{udts} + \sum_{u=1}^{n_u} fue_{udts} + \sum_{d_1=1}^{n_d} \sum_{m=1}^{n_m} fi_{d_1dtms} + qad_{dts-1} - \sum_{d=1}^{n_d} fd_{dpts} -$$

$$\sum_{d_1=1}^{n_d} \sum_{m=1}^{n_m} fi_{dd_1tms} - \sum_{e=1}^{n_e} \sum_{m=1}^{n_m} fde_{detms}, \quad \forall d, t, s, (u, d)_{fu} \in \text{UD}, (u, d)_{fue} \in$$

$$\text{UDE}, (d, m, d_1) = (d_1, m, d) \in \text{DMD}, (d, m, e) \in \text{DME}, (d, p) \in \text{DP} \quad (12)$$

- xi. *Tamanho mínimo dos tanques de álcool*: caso a variável de decisão (variáveis binárias – podem assumir valor zero ou 1 –  $dau_{ut}$  ou  $dad_{dt}$ ) indique pela instalação de novos tanques de armazenagem de álcool tipo  $t$  (variáveis assumam valor 1) nas regiões produtoras  $u$  ou bases  $d$ , o tamanho desse tanque deve ser maior ou igual a um volume mínimo ( $Tminu$  para caso das usinas e  $Tmind$  as bases). Essa restrição é criada para se evitar a grande desconcentração das estruturas de tanques, comum nos problemas de otimização em que se minimiza os custos de transporte.

$$ttu_{ut} \geq dau_{ut}Tminu, \forall u, t \quad (13)$$

$$ttd_{dt} \geq dad_{dt}Tmind, \forall d, t \quad (14)$$

xii. *Número máximo de tanques de armazenagem de álcool*: o somatório das variáveis de decisão de instalação de novos tanques de álcool tipo  $t$  nas regiões produtoras  $u$  ou bases  $d$  deve ser menor que o número máximo de tanques possíveis ( $nau$  ou  $nad$ ) – esse é um valor exógeno definido conforme as considerações do cenário. Essa restrição possui objetivos semelhantes à anterior, mas é usada apenas para diferenciação de cenários.

$$\sum_{u=1}^{n_u} dau_{ut} \leq nau, \forall t \quad (15)$$

$$\sum_{d=1}^{n_d} dad_{dt} \leq nad, \forall t \quad (16)$$

## 4.2 Especificação dos dados

Os dados necessários e utilizados para formulação e execução do modelo são:

- 1) Possíveis locais de instalação dos tanques de álcool combustível;
- 2) Capacidade de armazenagem instalada de cada tipo de álcool combustível nas regiões produtoras, bases de distribuidoras e terminais que movimentam álcool combustível;
- 3) Produção mensal de álcool anidro e hidratado das regiões produtoras no ano-safra canavieiro 2006/2007 (abril de 2006 a março de 2007);
- 4) Estoque inicial de álcool anidro e hidratado nas regiões produtoras no primeiro período de simulação do modelo, ou seja, março de 2006;
- 5) Demanda mensal dos dois tipos de álcool combustível nas regiões consumidoras no ano-safra canavieiro 2006/2007;
- 6) Exportações mensais de álcool combustível por porto de origem e tipo de álcool combustível exportado no ano-safra canavieiro 2006/2007;
- 7) Parcela da produção exportada pelas regiões produtoras;
- 8) Custos de armazenagem de álcool nos tanques de regiões produtoras e de armazenagem e tancagem operacional nas bases;
- 9) Custos de construção de novos tanques de álcool;
- 10) Taxa de giro médio de estoque das regiões produtoras e bases;

- 11) Opções de tamanhos mínimos dos tanques e número máximo de tanques com possibilidades de instalação; e
- 12) Distâncias rodoviárias e custos de transporte por unidade de distância, assim como custos de embarque, desembarque, entre regiões produtoras e bases, entre bases e regiões consumidoras e entre regiões produtoras e os portos. No último caso, também são necessários os custos portuários de cada porto. Além disso, são necessárias as distâncias rodoviárias, ferroviárias, dutoviárias, fluviais e marítimas e respectivos custos de transporte por unidade de distância, e custos de embarque, desembarque e portuários, entre as bases de distribuição e entre as bases e os portos.

#### 4.2.1 Nível de detalhamento dos dados

Devido à grande quantidade de dados necessários para a simulação do modelo que não estão disponíveis ou não são precisos suficientes, somada às restrições de tempo de execução do modelo, optou-se, para fins de simplificação dos fluxos de movimentação e armazenagem de álcool, agregar as informações das regiões produtoras e consumidoras. As 355 unidades produtoras localizadas em 283 diferentes municípios (Brasil, 2007c) e os quase 30.000 postos de combustíveis, localizados em quase 5.300 diferentes cidades – informações extraídas dos dados disponibilizados por Rosas<sup>53</sup> e de ANP (2007c) –, foram agregados em regiões organizadas denominadas mesorregiões, uma especificação de divisão das Unidades da Federação feita pelo IBGE.

Essa opção de agregação, sem dúvida, pode interferir na precisão dos resultados obtidos no trabalho; entretanto, é considerada satisfatória dada a natureza de um trabalho para apoio à tomada de decisão em nível estratégico. Além disso, permite uma redução significativa no número de variáveis, no tempo de processamento do modelo e na necessidade de se levantar dados mais detalhados. Dessa forma, as regiões produtoras puderam ser identificadas nas 50 mesorregiões (em que a produção dos dois tipos de álcool somados fosse superior a 5.000 m<sup>3</sup>) apresentadas na Tabela 3, e as regiões de consumo nas 137 mesorregiões do país, representadas na Tabela 4.

---

<sup>53</sup> ROSAS, L.E. **RES: Solicitação dados**. Séries de mensagens recebidas por <ceox@esalq.usp.br> de 15 dez. 2006 a 20 mar. 2007. (Dados sobre estatísticas de consumo elaboradas pela Superintendência de Planejamento e Pesquisa da ANP).

Tabela 3 – Regiões produtoras utilizadas na entrada de dados do modelo

Código IBGE	UF	Nome	Código IBGE	UF	Nome
1303	AM	Centro Amazonense	3501	SP	São José do Rio Preto
1506	PA	Sudeste Paraense	3502	SP	Ribeirão Preto
1702	TO	Oriental do Tocantins	3503	SP	Araçatuba
2104	MA	Leste Maranhense	3504	SP	Bauru
2105	MA	Sul Maranhense	3505	SP	Araraquara
2202	PI	Centro-Norte Piauiense	3506	SP	Piracicaba
2404	RN	Leste Potiguar	3507	SP	Campinas
2504	PB	Mata Paraibana	3508	SP	Presidente Prudente
2604	PE	Mata Pernambucana	3510	SP	Assis
2605	PE	Metropolitana de Recife	3511	SP	Itapetininga
2703	AL	Leste Alagoano	4101	PR	Noroeste Paranaense
2803	SE	Leste Sergipano	4102	PR	Centro Ocidental Paranaense
2902	BA	Vale São-Franciscano da Bahia	4103	PR	Norte Central Paranaense
2907	BA	Sul Baiano	4104	PR	Norte Pioneiro Paranaense
3101	MG	Noroeste de Minas	4301	RS	Noroeste Rio-grandense
3104	MG	Vale do Mucuri	5002	MS	Centro Norte de Mato Grosso do Sul
3105	MG	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	5003	MS	Leste de Mato Grosso do Sul
3106	MG	Central Mineira	5004	MS	Sudoeste de Mato Grosso do Sul
3110	MG	Sul/Sudoeste de Minas	5101	MT	Norte Mato-grossense
3112	MG	Zona da Mata	5102	MT	Nordeste Mato-grossense
3201	ES	Noroeste Espírito-santense	5103	MT	Sudoeste Mato-grossense
3202	ES	Litoral Norte Espírito-santense	5104	MT	Centro-Sul Mato-grossense
3204	ES	Sul Espírito-santense	5105	MT	Sudeste Mato-grossense
3302	RJ	Norte Fluminense	5203	GO	Centro Goiano
3304	RJ	Baixadas	5205	GO	Sul Goiano

Fonte: Elaborado a partir de Brasil (2007c)

Nota: Definição de mesorregiões do IBGE e dados de produção de álcool combustível por mesorregião do DAA-SPA-E-MAPA disponibilizados por FAUSTINO JÚNIOR<sup>54</sup>.

<sup>54</sup> FAUSTINO JÚNIOR, M. **Produção Sucroalcooleira – Safra 2006/2007**. Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 3 set. 2007. (Dados do levantamento mensal da produção sucroalcooleira do Departamento Cana-de-Açúcar e Agroenergia da Secretaria de Produção de Agroenergia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – DAA-SPA-E-MAPA.

Tabela 4 – Regiões consumidoras utilizadas na entrada de dados do modelo

(continua)

Código IBGE	UF	Nome	Código IBGE	UF	Nome
1101	RO	Madeira-Guaporé	2603	PE	Agreste Pernambucano
1102	RO	Leste Rondoniense	2604	PE	Mata Pernambucana
1201	AC	Vale do Juruá	2605	PE	Metropolitana de Recife
1202	AC	Vale do Acre	2701	AL	Sertão Alagoano
1301	AM	Norte Amazonense	2702	AL	Agreste Alagoano
1302	AM	Sudoeste Amazonense	2703	AL	Leste Alagoano
1303	AM	Centro Amazonense	2801	SE	Sertão Sergipano
1304	AM	Sul Amazonense	2802	SE	Agreste Sergipano
1401	RR	Norte de Roraima	2803	SE	Leste Sergipano
1402	RR	Sul de Roraima	2901	BA	Extremo Oeste Baiano
1501	PA	Baixo Amazonas	2902	BA	Vale São-Franciscano da Bahia
1502	PA	Marajó	2903	BA	Centro Norte Baiano
1503	PA	Metropolitana de Belém	2904	BA	Nordeste Baiano
1504	PA	Nordeste Paraense	2905	BA	Metropolitana de Salvador
1505	PA	Sudoeste Paraense	2906	BA	Centro Sul Baiano
1506	PA	Sudeste Paraense	2907	BA	Sul Baiano
1601	AP	Norte do Amapá	3101	MG	Noroeste de Minas
1602	AP	Sul do Amapá	3102	MG	Norte de Minas
1701	TO	Ocidental do Tocantins	3103	MG	Jequitinhonha
1702	TO	Oriental do Tocantins	3104	MG	Vale do Mucuri
2101	MA	Norte Maranhense	3105	MG	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba
2102	MA	Oeste Maranhense	3106	MG	Central Mineira
2103	MA	Centro Maranhense	3107	MG	Metropolitana de Belo Horizonte
2104	MA	Leste Maranhense	3108	MG	Vale do Rio Doce
2105	MA	Sul Maranhense	3109	MG	Oeste de Minas
2201	PI	Norte Piauiense	3110	MG	Sul/Sudoeste de Minas
2202	PI	Centro-Norte Piauiense	3111	MG	Campo das Vertentes
2203	PI	Sudoeste Piauiense	3112	MG	Zona da Mata
2204	PI	Sudeste Piauiense	3201	ES	Noroeste Espírito-santense
2301	CE	Noroeste Cearense	3202	ES	Litoral Norte Espírito-santense
2302	CE	Norte Cearense	3203	ES	Central Espírito-santense
2303	CE	Metropolitana de Fortaleza	3204	ES	Sul Espírito-santense
2304	CE	Sertões Cearenses	3301	RJ	Noroeste Fluminense
2305	CE	Jaguaribe	3302	RJ	Norte Fluminense
2306	CE	Centro-Sul Cearense	3303	RJ	Centro Fluminense
2307	CE	Sul Cearense	3304	RJ	Baixadas
2401	RN	Oeste Potiguar	3305	RJ	Sul Fluminense
2402	RN	Central Potiguar	3306	RJ	Metropolitana do Rio de Janeiro
2403	RN	Agreste Potiguar	3501	SP	São José do Rio Preto
2404	RN	Leste Potiguar	3502	SP	Ribeirão Preto
2501	PB	Sertão Paraibano	3503	SP	Araçatuba
2502	PB	Borborema	3504	SP	Bauru
2503	PB	Agreste Paraibano	3505	SP	Araraquara
2504	PB	Mata Paraibana	3506	SP	Piracicaba
2601	PE	Sertão Pernambucano	3507	SP	Campinas
2602	PE	São Francisco Pernambucano	3508	SP	Presidente Prudente

Tabela 4 – Regiões consumidoras utilizadas na entrada de dados do modelo

			(conclusão)		
Código IBGE	UF	Nome	Código IBGE	UF	Nome
3509	SP	Marília	4301	RS	Noroeste Rio-grandense
3510	SP	Assis	4302	RS	Nordeste Rio-grandense
3511	SP	Itapetininga	4303	RS	Centro Ocidental Rio-grandense
3512	SP	Macro Metropolitana Paulista	4304	RS	Centro Oriental Rio-grandense
3513	SP	Vale do Paraíba Paulista	4305	RS	Metropolitana de Porto Alegre
3514	SP	Litoral Sul Paulista	4306	RS	Sudoeste Rio-grandense
3515	SP	Metropolitana de São Paulo	4307	RS	Sudeste Rio-grandense
4101	PR	Noroeste Paranaense	5001	MS	Pantaneais Sul Mato-grossense
4102	PR	Centro Ocidental Paranaense	5002	MS	Centro Norte de Mato Grosso do Sul
4103	PR	Norte Central Paranaense	5003	MS	Leste de Mato Grosso do Sul
4104	PR	Norte Pioneiro Paranaense	5004	MS	Sudoeste de Mato Grosso do Sul
4105	PR	Centro Oriental Paranaense	5101	MT	Norte Mato-grossense
4106	PR	Oeste Paranaense	5102	MT	Nordeste Mato-grossense
4107	PR	Sudoeste Paranaense	5103	MT	Sudoeste Mato-grossense
4108	PR	Centro-Sul Paranaense	5104	MT	Centro-Sul Mato-grossense
4109	PR	Sudeste Paranaense	5105	MT	Sudeste Mato-grossense
4110	PR	Metropolitana de Curitiba	5201	GO	Noroeste Goiano
4201	SC	Oeste Catarinense	5202	GO	Norte Goiano
4202	SC	Norte Catarinense	5203	GO	Centro Goiano
4203	SC	Serrana	5204	GO	Leste Goiano
4204	SC	Vale do Itajaí	5205	GO	Sul Goiano
4205	SC	Grande Florianópolis	5301	DF	Distrito Federal
4206	SC	Sul Catarinense			

Fonte: Elaborado a partir da definição de mesorregiões do IBGE.

Em relação às bases de distribuição de álcool, foram agregadas em cidades-pólos, em função da disponibilidade de informação de distâncias rodoviárias dessas cidades na base de dados de distâncias da empresa LOGIT<sup>55</sup> disponível no Grupo ESALQ-LOG. Dessa forma, todas as distribuidoras foram alocadas para a cidade mais próxima cujas informações de distância estivessem disponíveis nessa base de dados. As 116 diferentes cidades que possuem bases de distribuição foram então agregadas em 82 cidades-pólos.

Alguns terminais possuem atuação aparentemente independente das bases de distribuição próximas, ou seja, podem realizar coletas e entregas diretas. Estes fluxos de distribuição foram identificados separadamente das bases de distribuição. São eles:

- 1) Nove centros coletores de álcool arrendados pela BR Distribuidora;

<sup>55</sup> Essa base de dados possui basicamente as distâncias rodoviárias da rede de transportes entre a principal cidade de cada microrregião, definida pelo IBGE. Mais detalhes sobre essa base de dados e sua rede de transporte rodoviária podem ser obtidos em LOGIT (2006).

- 2) Terminais marítimos da TRANSPETRO de Maceió – AL e Cabedelo – PB; dos que podem realizar fluxos de transferências por cabotagem, foram os únicos a movimentarem álcool no ano-safra canavieiro 2006/2007 (TRANSPETRO, 2006c). O terminal de Ilha d'Água – RJ, apesar de também ter movimentado álcool no ano-safra 2006/2007, segundo TRANSPETRO (2006c), não foi considerado porque um fluxo de cabotagem de álcool com origem nesse terminal é pouco provável;
- 3) Terminais de Itajaí e Biguaçu (Florianópolis), que movimentaram álcool via dutoviária em 2006 (TRANSPETRO, 2007a), próximos a grandes centros consumidores, e em que é permitida a retirada de álcool via rodoviária (TRANSPETRO, 2006b, 2007b); logo, a partir deles é possível se realizar fluxos de entrega.

Dessa forma, foram identificadas 82 cidades com bases de distribuição, sendo que 13 dessas cidades também foram identificadas mais de uma vez para a diferenciação entre bases e terminais – Aronson<sup>56</sup> comentou sobre 15 terminais da TRANSPETRO que movimentam álcool, mas não os identificou (comunicação verbal). Dessa forma, ao todo, foram representadas 95 localizações de bases, as quais são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Localização das bases consideradas na entrada de dados do modelo

(continua)

Código IBGE (1)	UF	Nome	Código IBGE (1)	UF	Nome
t2803609	SE	Centro Coletor de Laranjeiras	1400209	RR	Caracará
t3301009	RJ	Centro Coletor de Campos	1500503	PA	Almeirim
t3503208	SP	Centro Coletor de Araraquara	1500602	PA	Altamira
t3506003	SP	Centro Coletor de Bauru	1501402	PA	Belém
t3534708	SP	Centro Coletor de Ourinhos	1503606	PA	Itaituba
t3543402	SP	Centro Coletor de Sertãozinho	1504208	PA	Marabá
t3549805	SP	Centro Coletor de Santa Adélia	1505106	PA	Óbidos
t4113700	PR	Centro Coletor de Londrina	1506807	PA	Santarém
t5300108	DF	Centro Coletor de Brasília	1600303	AP	Macapá
t2507507	PB	Terminal de Cabedelo	1709500	TO	Gurupi
t2704302	AL	Terminal de Maceió	2100055	MA	Açailândia
t4205407	SC	Terminal de Biguaçu	2111300	MA	São Luís
t4208203	SC	Terminal de Itajaí	2211001	PI	Teresina
1100205	RO	Porto Velho	2304400	CE	Fortaleza
1100304	RO	Vilhena	2307304	CE	Juazeiro do Norte
1200203	AC	Cruzeiro do Sul	2407203	RN	Macau
1200401	AC	Rio Branco	2408102	RN	Natal
1302603	AM	Manaus	2507507	PB	Cabedelo

<sup>56</sup> ARONSON, D. Coordenador Comercial de Combustíveis Renováveis da TRANSPETRO. Contato telefônico de 20 dez. 2006.

Tabela 5 – Localização das bases consideradas na entrada de dados do modelo

(conclusão)

Código IBGE (1)	UF	Nome	Código IBGE (1)	UF	Nome
2602902	PE	Suape	3552205	SP	Sorocaba
2704302	AL	Maceió	3552403	SP	Paulínia
2803609	SE	Laranjeiras	4104808	PR	Cascavel
2905701	BA	Camaçari	4106902	PR	Araucária
2918001	BA	Jequié	4109401	PR	Guarapuava
2918407	BA	Juazeiro	4113700	PR	Londrina
3106200	MG	Belo Horizonte	4115200	PR	Maringá
3127701	MG	Governador Valadares	4128104	PR	Umuarama
3143302	MG	Montes Claros	4205407	SC	Florianópolis
3170107	MG	Uberaba	4208203	SC	Itajaí
3170206	MG	Uberlândia	4209102	SC	Joinville
3205309	ES	Vitória	4209300	SC	Lages
3301009	RJ	Campos dos Goytacazes	4218707	SC	Tubarão
3304557	RJ	Rio de Janeiro	4301602	RS	Bagé
3306305	RJ	Volta Redonda	4306106	RS	Cruz Alta
3502101	SP	Andradina	4310207	RS	Ijuí
3502804	SP	Araçatuba	4311403	RS	Lajeado
3503208	SP	Araraquara	4314100	RS	Passo Fundo
3506003	SP	Bauru	4314902	RS	Porto Alegre
3518800	SP	Guarulhos	4315602	RS	Rio Grande
3526902	SP	Limeira	4316907	RS	Santa Maria
3534401	SP	Osasco	5002704	MS	Campo Grande
3534708	SP	Ourinhos	5003702	MS	Dourados
3541406	SP	Presidente Prudente	5100607	MT	Alto Taquari
3543402	SP	Ribeirão Preto	5101803	MT	Barra do Garças
3548500	SP	Santos	5103403	MT	Cuiabá
3549102	SP	São João da Boa Vista	5107909	MT	Sinop
3549805	SP	São José do Rio Preto	5220454	GO	Senador Canedo
3549904	SP	São José dos Campos	5300108	DF	Brasília
3550308	SP	São Paulo			

Fonte: Elaborado a partir de informações do Sistema de Movimentação de Produtos – SIM-P de 15 de maio de 2007 obtidas de SAB-ANP, ANP (2007c, 2007e); códigos municipais do IBGE.

(1) Os códigos IBGE dos municípios não necessariamente se referem ao nome exato do município, mas à cidade-pólo, disponível na base de dados de distâncias mais próxima a essa cidade. Os terminais são representados com a letra t antecedendo os dígitos do código.

Os portos foram identificados pelas suas cidades, sem a necessidade de agregação. Para a consideração das exportações, apenas os seis maiores portos exportadores de álcool no ano-safra 2006-2007 (Brasil, 2007b). Esses portos são: Santos – SP, Paranaguá – PR, Maceió – AL, Suape – PE, Rio de Janeiro – RJ e Cabedelo – PB.

#### 4.2.2 Localizações potenciais

Como possíveis locais para instalação de tanques de armazenagem de álcool

foram escolhidas as mesorregiões das regiões produtoras e bases. Essa escolha foi feita por se tratar das localizações mais prováveis para a instalação de novos tanques e para tornar a simulação do modelo mais rápida.

#### 4.2.3 Capacidade de armazenagem

A capacidade de armazenagem instalada dos tanques de álcool foi dividida em três grupos. O primeiro referente aos tanques das regiões produtoras, o segundo das bases de distribuidoras e terminais; e o último referente aos portos.

As capacidades de armazenagem de álcool das usinas foram estabelecidas, a partir das informações de Ferretti<sup>57</sup> e Job<sup>58</sup>, mais as amostragens (informação verbal):

- 1) Levantamento realizado via SKYPE com 8 unidades produtoras de álcool no estado de Goiás em dezembro de 2006, vide Tabela 6;
- 2) Levantamento realizado por Zanão<sup>59</sup> com 24 usinas do estado de São Paulo em maio de 2007, vide Tabela 7.

Tabela 6 – Capacidade de armazenagem de usinas em Goiás

USINA	PRODUÇÃO ANUAL (m <sup>3</sup> ) (2)	CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM (m <sup>3</sup> )	ARMAZENAGEM / PRODUÇÃO ANUAL
CRV	48.425	20.000	41%
São Francisco	48.000 (1)	20.000	42%
Santa Helena	53.914	30.000	56%
Jales Machado	60.375	45.000	75%
Goiasa	45.129	30.000	66%
Goianésia	17.501	11.000	63%
Anicuns	56.374	25.000	44%
Centro-álcool	82.218	30.000	36%
TOTAL	411.936	211.000	51%

<sup>(1)</sup> Como a usina São Francisco começou suas operações em junho de 2006, sua produção de álcool na safra 2006/2007 foi marginal – 692 m<sup>3</sup> – (UNICA, 2007); logo, a produção anual da usina São Francisco foi estimada multiplicando sua capacidade de produção diária declarada (300 m<sup>3</sup>) pelo número médio de dias de uma safra de cana (160 dias), informações estas obtidas nas entrevistas.

<sup>(2)</sup> Dados safra canavieira 2006-2007, UNICA (2007)

<sup>57</sup> FERRETTI, A.A. Engenheiro da Usina São João de Araras, contato em Ribeirão Preto, em 9 dez. 2006.

<sup>58</sup> JOB, L.C.M. de A. Gestor Governamental do DAA-SPA-E-MAPA. Contatos telefônicos em fev. 2007.

<sup>59</sup> ZANÃO, A.G. Mestranda em Economia Aplicada pela ESALQ. Levantamento para o Sistema de Informações de Armazenagem – SIARMA do Grupo ESALQ-LOG

Tabela 7 – Capacidade de armazenagem de usinas em São Paulo

USINA	PRODUÇÃO ANUAL (m <sup>3</sup> ) (1)	CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM (m <sup>3</sup> )	ARMAZENAGEM / PRODUÇÃO ANUAL
Vale do Rosário	230.590	135.000	59%
Equipav	213.961	90.000	42%
Catanduva	212.415	134.000	63%
Cerradinho	156.218	45.500	29%
Batatais	124.150	77.754	63%
Santo Antônio	113.120	50.000	44%
São João	107.280	150.000	140%
UNIVALEM	88.261	48.500	55%
São Luiz	88.246	55.000	62%
Zanin	87.043	30.000	34%
São Manoel	80.191	50.000	62%
DECASA	76.375	18.000	24%
Quatá	72.011	40.000	56%
Ester	66.504	33.000	50%
Santa Luiza	65.125	49.000	75%
São João	60.033	19.000	32%
Guarani	59.573	30.000	50%
ADALCOOL	56.618	22.000	39%
Ibirá	54.369	40.000	74%
Furlan	44.340	32.000	72%
Santa Lúcia	44.260	42.000	95%
Santa Fé	43.800	27.000	62%
Bom Retiro	41.434	24.000	58%
Santa Maria	41.240	32.500	79%
GERAL	2.227.157	1.274.254	57%

(1) Fonte: Dados safra canavieira 2006-2007, UNICA (2007)

(2) Caso as informações da Usina São João, claramente destoantes da média da amostra, sejam desconsideradas, a relação entre capacidade de armazenagem e produção anual cai para 53%.

Pode-se estimar que, em média, uma usina possui tanques suficientes para armazenar aproximadamente 50% da sua produção anual de álcool. Isso representa volume de tanques de 8,6 milhões m<sup>3</sup> ou 6 meses de consumo. Pode-se perceber também que as usinas mais antigas (Jales Machado, Vale do Rosário, São João de Araras) possuem maior capacidade de armazenagem em relação à produção levemente superior à média e que nas usinas mais novas (CRV, São Francisco, ADALCOOL) esse percentual é menor (em torno de 40%).

Quanto à capacidade de armazenagem das distribuidoras, terminais e portos, essas informações foram diretamente obtidas com a ANP. As capacidades de armazenagem das distribuidoras foram solicitadas e discutidas com Auel<sup>60</sup> e fornecidas por Steenhagen<sup>61</sup>, analistas do SAB-ANP (informação verbal e pessoal). Em seguida esses dados foram organizados por cidades pólo, alocando a capacidade de tanques utilizada para álcool anidro (e também 23% da gasolina C, já que essa parte da gasolina C é álcool anidro) e hidratado na data de obtenção dos dados. As informações sobre armazenagem de terminais e portos foram obtidas em (ANP, 2007c, 2007b), a partir de recomendação e informações de Barros<sup>62</sup> (informação verbal).

Para fins de organização dos dados de bases das distribuidoras e terminais foi seguido o nível de detalhamento apresentado no tópico 4.2.1. Assim sendo, agregaram-se separadamente a capacidade de armazenagem das regiões das cidades-pólos das bases das distribuidoras, os centros coletores de álcool, os terminais da TRANSPETRO de Maceió, Cabedelo, Itajaí e Biguaçu. Em função da dificuldade de identificação de tanques alocados a álcool ou a outros combustíveis, estimou-se que a participação de cada tipo de álcool nos terminais é igual à participação proporcional desses combustíveis nas bases de distribuição (estimativa feita a partir dos dados de SAB-ANP).

Os terminais da TRANSPETRO de Uberlândia – MG, Uberaba – MG e Jequié – BA (o terminal de Itabuna – BA foi considerado junto com o de Jequié) foram alocados juntos com as bases de distribuição da sua região. Apesar desses terminais possuírem características de atuação aparentemente independentes das bases de distribuição para o transporte de álcool – interpretação feita de TRANSPETRO (2006b), já que possuem recepção e entrega rodoviária podendo realizar fluxos de entrega diretamente – a diferenciação de seus fluxos não é necessária para os objetivos do trabalho. O terminal de Guarulhos – SP também possui essas características, mas foi desconsiderado, pois como a capacidade de armazenagem das distribuidoras localizadas na cidade é muito grande, provavelmente esse terminal não é utilizado para entregas e coletas diretas. Todos os outros terminais também não foram considerados por não possuírem

---

<sup>60</sup> AUDEL, M.C. Analista de mercado da SAB-ANP. Disponibilizou informações, base de dados e trabalhos acadêmicos em diversos contatos entre nov. 2006 a nov. 2007.

<sup>61</sup> STEENHAGEN, M.M. **Res: ENC: Solicitação de dados.** Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 15 maio 2007.

<sup>62</sup> BARROS, A.B.S.S. Superintendente Adjunta da Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural – SCM-ANP.

informações claras sobre movimentação de álcool e por aparentemente não possuírem papel independente das bases de distribuidoras próximas nos fluxos de coleta, transferência e recepção de álcool combustível.

Em relação aos terminais portuários, não foram consideradas limitações de capacidade de armazenagem para a exportação devido à maior dificuldade de identificação dos tanques alocados a armazenagem de álcool nesses locais. Também porque os fluxos nos terminais portuários, como concedido na modelagem, sempre serão conhecidos e iguais às exportações mensais dos portos na safra canavieira 2006/2007; logo, restrições dessas capacidades de armazenagem não são necessárias no modelo.

Os dados sobre capacidade de armazenagem de usinas e bases, para a simulação do modelo na safra 2006/2007, foram agregados conforme o nível de detalhamento do tópico 4.2.1, ou seja, por mesorregião e estão apresentados no ANEXO A. Essas capacidades de armazenagem, por simplificação da modelagem, foram consideradas fixas para cada tipo de álcool, não permitindo a flexibilidade na alocação de cada tipo de álcool nos tanques de usinas, distribuidoras e terminais.

#### 4.2.4 Produção mensal

A produção mensal de álcool anidro e hidratado das unidades produtoras são as referentes à produção na safra 2006/2007 e foram obtidas com o Departamento Cana-de-Açúcar e Agroenergia – DAA da Secretaria de Produção de Agroenergia – SPAE do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA<sup>63</sup> a partir do resumo de produção acumulada na primeira posição de cada mês dos relatórios de acompanhamento da produção sucroalcooleira<sup>64</sup>. Esses relatórios devem ser

---

<sup>63</sup> A consolidação das informações fornecidas foi possível após contatos com: Alexandre Betinardi Strapasson, Coordenador-Geral de Açúcar e Álcool do SPAE-MAPA, que ajudou com explicações sobre organização da produção e armazenamento de álcool, indicações de trabalhos acadêmicos e autorizou a disponibilização dos dados; Moacyr Faustino Júnior, Analista de Dados, ajudou-me com cuidadosa organização dos e-mails do *fale conosco* do DAA-SPAE-MAPA, informações sobre origem e tratamento de dados de produção e sua disponibilização; Luís Carlos Mavignier de Araújo Job e Cid Jorge Caldas apoiaram com informações sobre a política de armazenamento de álcool do MAPA.

<sup>64</sup> Interessante ressaltar que na safra 2007/2008 está em implantação o Sistema de Acompanhamento da Produção Canavieira – SapCana, que tem como objetivo o recebimento *online* dos dados da produção brasileira de cana, açúcar e álcool. O novo sistema irá substituir a forma de coleta de informações via fax e correio, e será uma interface mais ágil e precisa para que as unidades produtoras atualizem, quinzenalmente, seus dados de produção, comercialização e estoques. Isto possibilitará ao MAPA um melhor gerenciamento das informações, principalmente de estoques de álcool combustível de modo a garantir o abastecimento do mercado interno, e respaldará suas ações de planejamento. O acesso a Internet pelas unidades produtoras é feito via *site*: <<http://homolog.agricultura.gov.br/sapcana/>>.

quinzenalmente disponibilizados pelas unidades produtoras ao MAPA. O Quadro 5 apresenta a organização básica dos dados disponibilizados.

Código da Mesorregião		
Posição (mês)		
Cana-Moída na mesorregião (t)		
Álcool Anidro (m³)	Produção	
	Entradas	
Álcool Hidratado (m³)	Saídas	Carburante
		Outros Fins
Álcool Anidro (m³)	Saídas	Mercado Externo
		Quebra
Álcool Hidratado (m³)	Produção	
	Entradas	
Álcool Hidratado (m³)	Saídas	Carburante
		Outros Fins
Álcool Anidro (m³)	Saídas	Mercado Externo
		Quebra

Quadro 5 – Organização dos dados do acompanhamento da produção canavieira realizado pelo DAA-SPAE-MAPA

Fonte: Elaborado baseado nas informações obtidas com o DAA-SPAE-MAPA.

Por razões de confidencialidade, as autorizações de disponibilização das informações de produção mensal das unidades produtoras foram condicionadas a uma ordem de agregação que não permitisse a identificação de produção de cada usina. Dessa forma, as informações foram negociadas para serem disponibilizadas por mesorregiões definidas pelo IBGE. Esse nível de detalhamento de dados também acabou por ser fator determinante para que neste trabalho se optasse por uma ordem de agregação por mesorregião para unidades produtoras e centros consumidores.

Um detalhe sobre o levantamento de produção sucroalcooleira do DAA-SPAE-MAPA é que o período de levantamento se estende até setembro do ano em que termina o ano-safra e não apenas até março. Isso ocorre para que possam ser feitas as correções dos relatórios de produção das unidades produtoras e para que essas possam enviar seus relatórios em atraso. Além disso, nos relatórios de acompanhamento, há um campo de declaração de quebra de produção pelas unidades produtoras, o que se refere a possíveis perdas ou reprocessamento de álcool do mês anterior (conversão de álcool hidratado em anidro, por exemplo). Dessa forma, pode-se verificar que os dados mensais

de produção acumulada na safra canavieira pelo DAA-SPA-E-MAPA podem possuir muitos erros pontuais que serão corrigidos nos meses seguintes.

Como indicado no Quadro 5, a divisão de saídas de álcool da unidade produtora é: carburante, outros fins, mercado externo e quebras. O campo entradas refere-se ao recebimento de álcool pela unidade produtora de outra usina pertencente ao mesmo grupo econômico, visto que, segundo informações do Faustino Júnior<sup>65</sup> a compra de álcool de uma usina por outra não é permitida pela legislação (informação verbal). As informações sobre a produção mensal de cada mesorregião foi calculada a partir de:

- 1) tratamento de erros<sup>66</sup> das informações disponibilizadas pelo DAA-SPA-E-MAPA;
- 2) consideração de que os dados de produção mensais finais fossem iguais às saídas de álcool carburante e mercado externo multiplicados pela proporção entre o campo produção e a soma dos campos produção e entradas.

O Quadro 6 apresenta os períodos dos dados de produção utilizados.

2005	2006									2007								
	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set
<b>SAFRA OFICIAL (2006/2007)</b>																		
<b>PERÍODO DE COLETA DE DADOS SAFRA (2006/2007)</b>																		
<b>PERÍODO DE COLETA DE DADOS DA SAFRA ANTERIOR</b>																		
										<b>DADOS DISPONÍVEIS POR MESSOREGIÃO</b>								
<b>DADOS DISPONÍVEIS POR ESTADO</b>																		
<b>ESTIMADOS</b>				<b>TRATADOS</b>														

Quadro 6 – Representação do período dos dados de produção utilizados

Fonte: Elaborado baseado em informações obtidas com o DAA-SPA-E-MAPA (informação pessoal)

As informações disponibilizadas pelo DAA-SPA-E-MAPA, por mesorregião, foram referentes ao período de jul. 2006 a jul. 2007 da safra canavieira 2006/2007, pois foi o

<sup>65</sup> FAUSTINO JÚNIOR, M. Analista do DAA-SPA-E-MAPA responsável pela organização dos dados do acompanhamento da produção canavieira. Contatos telefônicos entre abr. 2007 e set. 2007.

<sup>66</sup> O tratamento de erro foi considerar a produção acumulada até determinado mês como igual à produção acumulada até o mês seguinte, caso a produção do segundo fosse menor que do primeiro. Esse procedimento foi repetido por até 6 vezes até a retirada de todas as inconsistências de dados de produção. Além disso, da produção final foi subtraída o valor relativo à quebra de produção, sendo as quebras mensais definidas como a quebra da safra da mesorregião multiplicada pela proporção entre a produção total do mês e a total da safra.

período com informações consistentes para divulgação de dados com esse nível de detalhamento. De acordo com Faustino Júnior<sup>67</sup>, em geral, no período de início de safra, de abril a junho, ocorrem os maiores problemas de atraso e erros nos relatórios de acompanhamento de produção sucroalcooleira enviados pelas unidades produtoras ao DAA-SPA-E-MAPA (informação verbal). Para que se pudesse compor o período oficial completo de produção da safra canavieira 2006/2007 (considerando valores acumulados de maio 2006 a abr. 2007, ou seja, produção de abr. 2006 a mar. 2007), os dados de produção de abril, maio e junho de 2006 tiveram que ser estimados. A estimativa de produção desses meses foi feita da seguinte forma:

- 1) dada a produção acumulada da safra canavieira 2006/2007 até jul. 2006, determinar a proporção entre a produção da mesorregião e a produção do estado onde se localiza a mesorregião;
- 2) determinar as proporções entre as produções estaduais dos meses de abril, maio e junho com a produção acumulada até o início do mês de julho; essas proporções foram possíveis de serem calculadas porque o DAA-SPA-E-MAPA, já havia anteriormente disponibilizado informações sobre a produção mensal de álcool, agregada por estado, desde a safra 2003-2004 até a safra 2006-2007 – Faustino Júnior<sup>68</sup> (informação pessoal);
- 3) multiplicar as proporções calculadas em 1) e 2) pela produção estadual acumulada até 1 de julho de 2006.

Os dados de produção utilizados para a simulação do modelo na safra canavieira 2006/2007 estão detalhados no ANEXO A.

#### **4.2.5 Estoque inicial de álcool**

O estoque inicial de álcool anidro e hidratado das usinas para o primeiro período de simulação do modelo matemático, ou seja, o estoque das usinas no início do mês de abril foi estimado utilizando as informações de estoques cedidas pela DAA-SPA-E-MAPA por mesorregião. Como as informações de estoques, por mesorregião, não foram disponibilizadas para o mês de abril de 2006, a forma de estimação dos estoques foi

---

<sup>67</sup> FAUSTINO JÚNIOR, M. Analista do DAA-SPA-E-MAPA responsável pela organização dos dados do acompanhamento da produção canavieira. Contatos telefônicos entre abr. 2007 e set. 2007.

<sup>68</sup> FAUSTINO JÚNIOR, M. **Álcool – Produção e Estoque**. Mensagem recebida por <carlos.xavier@poli.usp.br> em 9 mai. 2007.

semelhante à forma de estimação da produção nos meses de abril a junho de 2006, descritos no tópico 4.2.4, ou seja:

- 1) dado o estoque da mesorregião em jul. 2006, determinou-se a proporção entre o estoque da mesorregião e o estoque do estado onde se localiza a mesorregião;
- 2) multiplicar as proporções calculadas em 1) pelo estoque estadual em 1 abr. 2006.

Os dados de estoques iniciais utilizados são apresentados no ANEXO A.

#### 4.2.6 Demanda

A demanda de álcool no mercado interno brasileiro foi obtida com Rosas<sup>69</sup> e refere-se ao consumo mensal de álcool hidratado e gasolina de cada município brasileiro para o período de jan. 2000 a fev. 2007 (informação pessoal)

Para a realização das simulações para a safra canavieira 2006/2007, apenas os dados de abr. 2006 a fev. 2007 foram utilizados, sendo que os dados de demanda de mar. 2007 foram estimados a partir das informações de consumo em mar. 2007 de SINDICOM (2007). Assim sendo, a forma de estimação dos dados envolvem:

- 1) determinação da participação percentual das associadas do SINDICOM nas vendas totais de álcool e gasolina nos meses de janeiro e fevereiro de 2007, ou seja, divisão dos dados de consumo nacional de SINDICOM (2007) pelos dados de consumo da ANP;
- 2) determinação, com base nos dados da ANP, do aumento percentual de consumo de álcool e gasolina, por estado, em janeiro e fevereiro de 2007 em relação aos mesmos meses do ano anterior;
- 3) multiplicação do consumo, por município, de álcool e gasolina de mar. 2006 por um mais o aumento de consumo do respectivo estado, determinado em 2), a que pertence o município;
- 4) correção da soma do consumo de mar. 2007, de forma que fosse igual ao consumo nacional de SINDICOM (2007) dividido por 1), ou seja, determinação do coeficiente de multiplicação relativo aos dados de consumo de SINDICOM (2007) dividido pela soma de 3) e multiplicado pelo consumo de cada município determinado no mesmo item;

---

<sup>69</sup> ROSAS, L.E. **RES: Solicitação dados.** Séries de mensagens recebidas por <ceox@esalq.usp.br> de 15 dez. 2006 a 20 mar. 2007. (Dados sobre estatísticas de consumo elaboradas pela Superintendência de Planejamento e Pesquisa da ANP)

- 5) tratamento dos dados estimados (e também dos dados de abr. 2006 a fev. 2007) para que houvesse equilíbrio entre os dados oficiais de oferta do MAPA e demanda da ANP. O coeficiente de correção basicamente procura corrigir eventuais erros das estimativas oficiais, os quais, em grande parte, provavelmente ocorrem devido a problemas de fraudes, tal como visto anteriormente no tópico 2.2.3. Pode-se constatar que uma estimativa média de fraudes do setor para o ano de 2006 é de 20%, sendo maior o problema com o consumo de álcool hidratado. Para fins de correção de dados, os coeficientes de correção (ou fraudes) utilizados foram os que equilibravam o consumo de forma que os estoques de abr. 2006 mais a produção da safra 2006/2007 menos o consumo da respectiva safra fossem igual aos estoques de abr. 2007 dos dados de produção do DAA-SPA-E-MAPA. Seguindo esse processo, os coeficientes de tratamento foram a adição de aproximadamente 13% do consumo a cada município da safra 2006/2007 para o álcool anidro e de 20% para o álcool hidratado. Os valores de correção de dados, em valor absoluto, representaram aproximadamente 1 milhão de m<sup>3</sup> de álcool hidratado e 500 mil m<sup>3</sup> de álcool anidro adicionais no consumo, próximos às estimativas de fraudes de 2 milhões de m<sup>3</sup> de SINDICOM (2006c);
- 6) a demanda de cada mesorregião no mês fictício (dist) foi calculada como: a proporção da demanda anual da mesorregião em relação ao consumo nacional de cada álcool multiplicada pela quantidade de álcool mantida em estoques disponíveis para o mercado interno – multiplicação da razão entre demanda nacional e exportações do ano-safra canavieiro 2006-2007 pelo volume de estoques de abr. 2007 de acordo com os dados de produção do DAA-SPA-E-MAPA.

A necessidade de estimação dos dados de consumo em mar. 2007 ocorreu devido a indisponibilidade de dados estatísticos de consumo da ANP. Desde fev. 2007, o sistema atual de coleta de dados de comercialização dos derivados de petróleo e biocombustíveis junto ao mercado (SIMP) está em atualização para um novo sistema, o I-SIMP.

Dadas as restrições de recursos computacionais e indisponibilidade de uma matriz de distância entre todas as cidades brasileiras, por motivos de simplificação, as demandas por município foram agregadas por mesorregião, para a realização das simulações para o ano-safra canavieiro 2006/2007. Detalhes sobre a demanda mensal de cada álcool por mesorregião são apresentados no ANEXO A.

#### 4.2.7 Exportações

Os dados sobre exportações de álcool para a safra 2006/2007, entre os meses de abr. 2006 e mar. 2007, foram obtidos em Brasil (2007b)<sup>70</sup>. Para a consideração das exportações, apenas os seis maiores portos exportadores de álcool foram incluídos e representados como as regiões demandantes do álcool exportado. Esses portos foram responsáveis por 99,7% das exportações brasileiras no período e em ordem de volume exportado, são: Santos – SP, Paranaguá – PR, Maceió – AL, Suape – PE, Rio de Janeiro – RJ e Cabedelo – PB.

Como Brasil (2007b) não disponibiliza detalhamento sobre o tipo de álcool exportado, as informações sobre a proporção mensal de cada tipo de álcool exportado foram obtidas com a UNICA, disponibilizados por Machado<sup>71</sup> após indicação, recomendação e contato de Rodrigues<sup>72</sup> (informação pessoal e verbal). A UNICA realiza levantamento mensal sobre as exportações de álcool, a partir de informações coletadas pela empresa Williams Shipping Agency. Por meio de questionários com os portos e de entrevistas com as associadas, a Williams Shipping Agency elabora mensalmente relatórios de exportações de álcool. Nesses relatórios detalha-se o nome da embarcação, data de embarque, tipo de álcool exportado, quantidade exportada, embarcadores, porto de destino e terminal utilizado, conforme explicações de Damasio<sup>73</sup> (informação pessoal e verbal).

Os dados dos relatórios de exportações da empresa, entretanto, não foram integralmente utilizados por se priorizar o uso dos dados das estatísticas oficiais. Dessa forma, as exportações mensais por porto e tipo de álcool foram obtidas pela multiplicação das informações de exportação mensal de cada porto obtidas em Brasil (2007b) pela proporção de cada tipo de álcool mensalmente exportado por porto obtida com a UNICA/Williams Shipping Agency. Tal como no caso da demanda do mercado interno, também foi criado um mês fictício (dist), no qual todo o combustível armazenado (estoques abril 2007) é forçado a ser distribuído.

---

<sup>70</sup> O código de Nomenclatura Comum do Mercosul – NCM utilizado para a pesquisa de exportações foi o 2207.10.00, que se refere ao álcool etílico não desnaturado com volume de teor alcoólico maior que 80% (em que se enquadram tanto o álcool anidro como o hidratado).

<sup>71</sup> MACHADO, V.N. **Informações classificação exportação de álcool analista da UNICA**. Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 29 jan. 2007.

<sup>72</sup> RODRIGUES, F.R. Mestranda em Economia Aplicada pela ESALQ. Diversos contatos em jan. 2007

<sup>73</sup> DAMASIO, M. Analista da Williams Shipping Agency. **Informações de álcool**. Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 1 jun. 2007.

Em relação à parcela da produção exportada pelas regiões produtoras, esta foi estimada a partir de:

- 1) razão entre os valores anuais finais do campo saídas para o mercado externo da mesorregião, no levantamento de produção sucroalcooleira do DAA-SPA-E-MAPA (vide Quadro 5), e o valor da produção anual final da mesorregião (calculado no tópico 4.2.4);
- 2) Razão calculada em 1) multiplicada por 0,8. O valor 0,8 foi criado para ajustar os dados de Brasil (2007b) e os valores totais de exportação desse campo mercado externo, já que o segundo é aproximadamente 20% superior ao primeiro.

Os dados utilizados encontram-se no ANEXO A.

#### **4.2.8 Custos de construção**

Os custos de construção de tanques foram calculados a partir de pesquisas de cotação de preço com diversos agentes de mercado e baseado nas informações de Tanaka<sup>74</sup>. Pode-se estimar que os principais tanques de álcool em usinas variam entre 5 mil m<sup>3</sup> e 20 mil m<sup>3</sup> sendo seu custo de construção próximo a R\$ 160/m<sup>3</sup> e o tempo médio de depreciação de 20 anos. São estimativas médias que desconsideram os ganhos de escala inerentes dos tanques maiores. (informação verbal)

Como o horizonte de simulação do modelo é de apenas um ano, o valor de custo de construção dos tanques foi calculado considerando o pagamento da depreciação do tanque considerando a taxa CDI do período de abr. 2006 a mar. 2007 em 13,91% (IPEA, 2007), desconsiderando-se o valor residual final do tanque. O valor do custo de construção dos tanques nas usinas é equivalente a aproximadamente R\$ 25/m<sup>3</sup>/ano.

Em relação aos custos de construção dos tanques nas bases das distribuidoras, estes foram estimados baseados nas informações de custos de construção de tanques em bases de distribuição de combustível de Araújo (2006), que tomaram como referência os valores do Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos – IBEC. O valor médio entre as duas possibilidades de tanques considerados, com fundação direta ou com estacas, era de aproximadamente R\$ 350/m<sup>3</sup>, em dez. 2006. Interessante ressaltar que esses valores são consistentes com os valores deflacionados para dezembro de 2006 do gráfico custo

---

<sup>74</sup> TANAKA, O.R. Engenheiro mecânico, sócio da P.A.Sys Engenharia e Sistemas. Por 25 anos foi Engenheiro de Orçamento do Departamento de Engenharia, Setor de Açúcar e Álcool, da Dedini Indústria de Base. Conversas entre ago. 2007 a nov. 2007 no escritório da P.A.Sys em Piracicaba.

de construção em função da tancagem de Soares (2003), o qual foi construído baseado em informações obtidas em canto pessoal com a ANP. Considerando as mesmas premissas de cálculo do custo de construção das usinas e desconsiderando os ganhos de escala diretamente, o custo de construção dos tanques das distribuidoras é de aproximadamente R\$ 50/m<sup>3</sup>/ano.

Uma explicação para as diferenças de custos dos tanques de usinas e bases está na consideração indireta dos ganhos de escala dos tanques das usinas em relação aos das bases de distribuição. Isso ocorre, porque, em geral, como se observou na pesquisa de desenvolvimento desse trabalho, os tanques das usinas são muito maiores que os das bases; logo, tendem a possuir custos mais competitivos por unidade de armazenagem construída. Somado a isso, destacam-se as menores exigências e necessidades relativas às questões de segurança dos tanques das usinas quando comparado aos das distribuidoras, conforme explicação de Aronson<sup>75</sup> (informação verbal). As distribuidoras, por estarem mais próximas a centros urbanos e operarem com um maior nível de fluxo de pessoas próximas aos seus tanques, demandam tecnologia e materiais de segurança mais sofisticados e dispendiosos que as usinas. As bases de distribuição, por privilegiarem a segurança, utilizam tecnologias para evitar a formação de gás nos tanques, como tetos flutuantes, ou tanques de tetos fixos com divisões feitas por membranas que utilizam controle de pressão. Já as usinas, basicamente, se utilizam de tanques de aço inoxidável simples para se garantir a pureza do combustível e evitar perdas por evaporação.

#### 4.2.9 Custos de armazenagem

Os custos de armazenagem das distribuidoras foram considerados iguais ao arredondamento dos valores de referência da TRANSPETRO (2007b) para os custos de armazenamento operacional no terminal de Guarulhos, ou seja, R\$ 6 /m<sup>3</sup>/mês. Esses valores também foram confirmados por Araújo<sup>76</sup> o qual informou que os preços médios variam entre R\$ 5 /m<sup>3</sup>/mês e R\$ 8 /m<sup>3</sup>/mês dependendo do volume movimentado e conseqüentemente das economias de escala dessa movimentação (informação pessoal).

---

<sup>75</sup> ARONSON, D. Coordenador Comercial de Combustíveis Renováveis da TRANSPETRO. Contato telefônico de 20 dez. 2006.

<sup>76</sup> ARAÚJO, S.S. Gerente de Operações Logísticas da Repsol YPF. **RES: Dúvida armazenagem de álcool.** Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 5 nov. 2007.

Os custos de tancagem operacional, ou seja, passagem do álcool pelo tanque da base após o desembarque do caminhão, foram estimados em R\$ 3,00 /m<sup>3</sup>, baseados em informações de TRANSPETRO (2007d, 2008).

Já os custos de armazenagem das usinas foram estimados considerando:

- 1) informações de Bigotto<sup>77</sup> indicando que os custos de aluguel de tanques de álcool na safra 2007/2008 variavam entre R\$ 2,00 /m<sup>3</sup>/mês e R\$ 9,00/m<sup>3</sup>/mês (informação pessoal);
- 2) Paiva (2006) considerou no cenário final de simulação o custo de estocagem como sendo R\$ 1,50/m<sup>3</sup>/semana para o caso de estoques em tanques próprios e em R\$ 2,50/m<sup>3</sup>/semana para caso de estoques mantidos em tanques de terceiros; Paiva<sup>78</sup> explicou que tais custos foram estimados considerando basicamente o custo de capital dos tanques e álcool mais as perdas em função de uma taxa de evaporação média de 0,1% dos estoques de álcool por mês; segundo o autor, as referências médias de mercado variam entre 0,05% a 0,1% por mês, dependendo dos equipamentos utilizados nos tanques (informação pessoal);
- 3) considerando 1) e 2), utilizou-se o custo de armazenagem nas usinas como sendo de R\$ 4,00/m<sup>3</sup>/mês, o que equivale a aproximadamente R\$ 3,50/m<sup>3</sup>/mês de custo de depreciação do tanque, mais R\$ 0,50/m<sup>3</sup> de perdas de álcool devido a taxas de evaporação (não foi considerada a parcela de custos relacionada aos custos de capital do álcool).

#### 4.2.10 Taxa de giro mensal dos tanques

As taxas de giro mensal do estoque, ou a relação entre fluxo mensal e capacidade de armazenagem das usinas e bases distribuidoras, foi definida como sendo igual a 1 e 4, respectivamente. Essas taxas foram determinadas de forma a representar a capacidade de expedição de produto desses tanques e indiretamente determinar a capacidade de armazenagem dinâmica mensal dos mesmos.

A capacidade dinâmica é igual à soma de todos os produtos movimentados pelos tanques no mês e foi definida como o produto entre capacidade de armazenagem estática

---

<sup>77</sup> BIGOTTO, V.R. Gerente de Logística do Grupo Crystalsev. **RES: Dúvida armazenagem álcool.** Mensagens recebidas por <ceox@esalq.usp.br> em 15 out. 2007 e detalhadas em 16 out. 2007.

<sup>78</sup> PAIVA, R.P.O. **RE: Dúvida custo de armazenagem.** Mensagens recebidas por <ceox@esalq.usp.br> em 22 out. 2007.

e a taxa de giro mensal dos tanques.

As estimativas para as usinas foram feitas em função de algumas observações das entrevistas descritas no tópico 4.2.3, e a partir da verificação da função de armazenamento do excedente de produção da estrutura de tanques das usinas.

Já as estimativas das taxas de giros das distribuidoras foram feitas a partir de informações de Aronson e Araújo<sup>79</sup>, quando se pode verificar que os estoques médios de álcool mantidos pelas distribuidoras são próximos a 2 semanas de vendas. E que as taxas de giro médio com que a distribuidora Repsol YPF trabalha variam entre de 0,5 a 8 vezes ao mês. Por simplificação, se assumiu para este trabalho o valor base de taxa de giro de 4 vezes para todas as bases (informação verbal).

#### **4.2.11 Tamanhos mínimos e número de locais para instalação de tanques**

Quando considerados nos cenários, os tamanhos dos tanques para instalação correspondem aos tamanhos médios de mercado, observados a partir de relatos com agentes do setor sucroalcooleiro<sup>80</sup> e através do cálculo dos volumes médios dos tanques das distribuidoras fornecidas por Steenhagen<sup>81</sup>. No caso das usinas, os tamanhos mínimos para cada cenário foram de 5.000 m<sup>3</sup>, tamanho mínimo de tanques atualmente construídos com o objetivo de armazenar álcool nestas unidades. No caso das distribuidoras, o tamanho mínimo considerado foi de 1.000 m<sup>3</sup> (SCARAMUZZO, 2007b).

#### **4.2.12 Distâncias e custos de transporte**

##### **4.2.12.1 Rodoviárias**

As principais informações de distâncias e custos de fretes utilizados no trabalho foram as relativas ao modal rodoviário, uma vez que é o único modal de transporte capaz de atender ao sistema de distribuição de álcool em todas as suas etapas. Desde a região produtora as bases, terminais e portos, entre as bases e dessas às regiões consumidoras.

---

<sup>79</sup> ARONSON, D. Coordenador Comercial de Combustíveis Renováveis da TRANSPETRO. ARAÚJO, S.S. Gerente Operações e Logística da Repsol YPF. Diversos contatos telefônicos e pessoais entre nov. 2006 e nov.2007.

<sup>80</sup> Informações obtidas a partir de uma série de contatos pessoais, visitas a usinas e análise de informações da ANP.

<sup>81</sup> STEENHAGEN, M.M. **Res: ENC: Solicitação de dados.** Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 15 maio 2007.

Como se verificou que vários trechos de transferências rodoviárias não possuíam valores de fretes declarados, tornou-se necessária a estimação dos fretes na maioria dos casos. Para o caso de fluxos de coleta, entrega e exportação, todos os fretes tiveram que ser estimados em função da agregação de dados de origem ou destinos. Para a realização das estimativas desses fretes, foram processadas regressões lineares simples, utilizando o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários, entre os dados de fretes disponíveis e as distâncias entre cada trecho. Dessa forma, pôde-se determinar os coeficientes angulares e os interceptos das regressões. Para a composição do intercepto também foram somados os custos de embarque e desembarque para os fretes rodoviários de transferência e apenas o de desembarque para os fretes rodoviários de coleta e para exportação indireta no trecho entre usina e bases. Os custos de embarque e desembarque foram estimados em R\$ 2 /m<sup>3</sup> cada um, o que é um arredondamento dos custos declarados por TRANSPETRO (2007b, 2008).

As distâncias rodoviárias e ferroviárias utilizadas foram as da base de dados de distâncias da empresa LOGIT consultadas junto ao Grupo ESALQ-LOG. Nessa base de dados, as distâncias rodoviárias disponíveis referem-se às cidades mais representativas de cada microrregião brasileira, as quais são definidas ou pela cidade de maior PIB ou pela cidade mais populosa ou pela cidade que dá nome à microrregião. Já as distâncias ferroviárias referem-se a todos os trechos ferroviários entre cidades brasileiras.

O procedimento para cálculo de distâncias rodoviárias entre regiões produtoras e as bases ou portos envolvem: a média das distâncias entre as cidades representativas de todas as microrregiões da região produtora que possuem unidades produtoras e as bases ou portos. Para o caso das distâncias dos trechos de entrega, entre bases e regiões consumidoras, foi aplicado o mesmo procedimento anterior substituindo as regiões produtoras pelas regiões consumidoras. Um detalhe desse caso é que nas regiões consumidoras, sempre todas as cidades representativas de cada microrregião eram utilizadas. Já as distâncias rodoviárias entre bases foram todas obtidas diretamente na base de dados do LOGIT sem necessidade de cálculo de agregação.

As informações dos custos de fretes nas etapas de coleta (ou fluxo primário) e transferência rodoviárias foram obtidas a partir dos levantamentos realizados pelo ESALQ-LOG entre julho e setembro de 2007. Como não foram identificadas variações mensais nesses custos de frete, além dos custos de alguns trechos coincidirem com

informações do ano de 2006 do Sistema de Informação de Fretes – SIFRECA, utilizou-se os valores nominais desses fretes como referência para um frete fixo no ano-safra canavieiro 2006/2007. Para a diferenciação desses dois tipos fretes, fez-se uso, nos processamentos das regressões, de uma variável *dummy* que indica o valor de intercepto adicional para o caso de fretes com origem nas usinas.

Os fretes de entrega foram estimados a partir de informações de quase 5000 observações de custos e distâncias de trechos de entrega de combustível da AleSat distribuidora para 18 de suas bases de distribuição em set. 2006, obtidas com Branco<sup>82</sup>. A consistência dessa estimativa foi confirmada por Bassani<sup>83</sup> (informação verbal).

As informações dos custos de fretes de exportação direta foram baseadas nas informações utilizadas por Rodrigues (2007, p. 115), obtidas do grupo Crystalsev. Os fluxos de exportação indireta, no seu primeiro trecho, foram considerados iguais aos fluxos de coleta.

A Tabela 8 traz os coeficientes das estimativas de custos rodoviários considerados:

Tabela 8 – Coeficientes para as estimativas de fretes rodoviários

Concessionária	Intercepto (R\$/m <sup>3</sup> )	Custo Variável (R\$/m <sup>3</sup> *km)	Número de Observações	R <sup>2</sup> Ajustado
ALL, FERROBAN, FERRONORTE, NOVOESTE	16,39**	0,0545*	49	74,0%
CFN	28,24**	0,0531*	8	83,7%
EFC e FCA	12,498	0,122	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

\* Valores com nível de significância de 1% no teste t.

\*\* Valores com nível de significância de 5% no teste t.

#### 4.2.12.2 Ferroviárias

Em relação às distâncias ferroviárias, estas também foram obtidas diretamente da base de dados da LOGIT, já que apenas as distâncias entre bases foram consideradas. Apenas os trechos ferroviários em que se observou o transporte de álcool combustível na

<sup>82</sup> BRANCO, J.E.H. Doutorado em Engenharia de Transportes pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP e vice-coordenador do grupo ESALQ-LOG. **RES: Dados armazenagem distribuidoras (ANP)**. Mensagem recebida por <ceox@esalq.usp.br> em 28 ago. 2007.

<sup>83</sup> BASSANI, R. Prestador de serviço de transporte de entrega de combustível associado à Cooperativa de Transporte de Petróleo e Derivados Ltda. / Paulínia – COPETRANS e que realiza serviços de entrega de combustível para a BR Distribuidora na base de Paulínia – SP. Contato telefônico em 28 dez. 2007.

pilha de transporte ferroviário para o ano de 2005 da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (obtidas com Branco<sup>84</sup>) ou em que houvesse planos de utilização do transporte de álcool combustível foram considerados no trabalho (informação verbal).

Os custos de transferências ferroviárias foram obtidos de ANTT (2007b) e comparados com os valores utilizados por Soares (2003), Araújo (2007) e Dumit (2005) para verificar a sua consistência. Utilizou-se a tarifa declarada em todos os trechos em que ela estivesse disponível em ANTT (2007b). Nos trechos em que ela não estava disponível prosseguiu-se com a estimativa por regressão entre distância do trecho e as tarifas, para cada concessionária ferroviária. Infelizmente, essas estimativas foram falhas devido ao pequeno número de observações e a única estimativa estatística aceitável ocorreu para a CFN. A estimativa da ALL foi baseada na regressão entre todas as observações de trechos de fretes ferroviários no país, porque os valores das estimativas apenas dos trechos da ALL e dos trechos brasileiros são muito próximos, mas a primeira estimativa não possui significância estatística aceitável. No caso das concessionárias ferroviárias que compunham a empresa Brasil Ferrovias e que atualmente estão em processo de integração a ALL, utilizou mesmas estimativas de tarifas da ALL. Para a FCA, se utilizou a composição de custos fixos e variáveis das tarifas de combustíveis declaradas pela EFC em ANTT (2007b), já que os valores de fretes nas duas concessionárias ferroviárias são semelhantes uma vez que elas são controladas fundamentalmente pela mesma empresa, a Companhia Vale do Rio Doce. Os custos de transbordo, embarque e desembarque dos fretes ferroviários não foram acrescentados para se compor o intercepto da regressão de fretes. Tal como explica Rodrigues (2007), as tabelas de tarifas ferroviárias referem-se a tarifas fechadas em que esses outros custos já estão inclusos. A Tabela 9 sintetiza as estimativas desses fretes, e a Tabela 10, os trechos ferroviários e fretes considerados.

---

<sup>84</sup> BRANCO, J.E.H. Doutorando em Engenharia de Transportes pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP e vice-coordenador do grupo ESALQ-LOG. Contato pessoal em 29 maio 2007.

Tabela 9 – Coeficientes para estimativas de fretes ferroviários

Concessionária	Custo Variável (R\$/m <sup>3</sup> *km)	Intercepto (R\$/m <sup>3</sup> )	Número de Observações	R <sup>2</sup> Ajustado
ALL, FERROBAN, FERRONORTE, NOVOESTE	16,39**	0,0545*	49	74,0%
CFN	28,24**	0,0531*	8	83,7%
EFC e FCA	12,498	0,122	-	-

Fonte: Elaborado a partir dos dados da pilha de transporte ferroviário em 2005 da ANTT e dados LOGIT.

\* Valores com nível de significância de 1% no teste t.

\*\* Valores com nível de significância de 5% no teste t.

Tabela 10 – Trechos e fretes ferroviários considerados

						(continua)	
ORIGEM			DESTINO			Distância (km)	Frete (R\$/m <sup>3</sup> )
Código	UF	NOME	Código	UF	NOME		
2111300	MA	São Luís	2100055	MA	Açailândia	525	76,42
2111300	MA	São Luís	1504208	PA	Marabá	720	100,16
2304400	CE	Fortaleza	2307304	CE	Juazeiro do Norte	600	60,51
2304400	CE	Fortaleza	2211001	PI	Teresina	700	66,47
2304400	CE	Fortaleza	2111300	MA	São Luís	1160	89,85
2507507	PB	João Pessoa	2304400	CE	Fortaleza	1050	84,01
2507507	PB	João Pessoa	2307304	CE	Juazeiro do Norte	605	60,37
2507507	PB	João Pessoa	2211001	PI	Teresina	1750	121,18
2507507	PB	João Pessoa	2111300	MA	São Luís	2210	145,61
2602902	PE	Suape	2304400	CE	Fortaleza	1110	93,98
2602902	PE	Suape	2307304	CE	Juazeiro do Norte	745	73,69
2602902	PE	Suape	2211001	PI	Teresina	1810	124,37
2602902	PE	Suape	2111300	MA	São Luís	2270	148,80
2704302	AL	Maceió	2304400	CE	Fortaleza	1360	124,38
2704302	AL	Maceió	2307304	CE	Juazeiro do Norte	995	74,69
2704302	AL	Maceió	2211001	PI	Teresina	2060	118,74
2704302	AL	Maceió	2111300	MA	São Luís	2520	162,08
2704302	AL	Maceió	2905701	BA	Camaçari	724	66,69
2803609	SE	Laranjeiras	2905701	BA	Camaçari	384	41,51
2918407	BA	Juazeiro	2905701	BA	Camaçari	525	56,12
2905701	BA	Camaçari	2918407	BA	Juazeiro	525	56,12
3170107	MG	Uberaba	3106200	MG	Belo Horizonte	710	98,95
3170107	MG	Uberaba	3127701	MG	Governador Valadares	980	131,82
3170107	MG	Uberaba	3205309	ES	Vitória	1280	168,35
3170107	MG	Uberaba	3552403	SP	Paulínia	530	47,70
3170107	MG	Uberaba	3548500	SP	Santos	650	58,50
3543402	SP	Ribeirão Preto	3106200	MG	Belo Horizonte	880	47,97
3543402	SP	Ribeirão Preto	3127701	MG	Governador Valadares	1240	163,48
3543402	SP	Ribeirão Preto	5220454	GO	Senador Canedo	720	34,33
3543402	SP	Ribeirão Preto	5300108	DF	Brasília	760	38,22
3543402	SP	Ribeirão Preto	3552403	SP	Paulínia	320	35,20
3543402	SP	Ribeirão Preto	3548500	SP	Santos	480	43,20
3549805	SP	São José do Rio Preto	3552403	SP	Paulínia	360	39,60
3549805	SP	São José do Rio Preto	3548500	SP	Santos	570	51,30
3502101	SP	Andradina	3552403	SP	Paulínia	550	49,50
3502101	SP	Andradina	3548500	SP	Santos	805	72,45

Tabela 10 – Trechos e fretes ferroviários considerados

(conclusão)

ORIGEM			DESTINO			Distância (km)	Frete (R\$/m <sup>3</sup> )
Código	UF	NOME	Código	UF	NOME		
3502804	SP	Araçatuba	3552403	SP	Paulínia	550	49,50
3502804	SP	Araçatuba	3548500	SP	Santos	670	60,30
3506003	SP	Bauru	3552403	SP	Paulínia	300	36,00
3506003	SP	Bauru	3548500	SP	Santos	440	39,60
3503208	SP	Araraquara	3552403	SP	Paulínia	170	20,40
3503208	SP	Araraquara	3548500	SP	Santos	380	41,80
3541406	SP	Presidente Prudente	3548500	SP	Santos	750	67,50
3541406	SP	Presidente Prudente	4109401	PR	Guarapuava	1130	101,70
5002704	MS	Campo Grande	3548500	SP	Santos	1400	126,00
5002704	MS	Campo Grande	3552403	SP	Paulínia	1150	103,50
5002704	MS	Campo Grande	3506003	SP	Bauru	850	76,50
5100607	MT	Alto Taquari	3549805	SP	São José do Rio Preto	635	57,15
5100607	MT	Alto Taquari	3552403	SP	Paulínia	995	89,55
5100607	MT	Alto Taquari	3548500	SP	Santos	1205	108,45
5220454	GO	Senador Canedo	3106200	MG	Belo Horizonte	1080	97,20
5220454	GO	Senador Canedo	3552403	SP	Paulínia	1000	90,00
5300108	DF	Brasília	3552403	SP	Paulínia	1050	94,50
3534708	SP	Ourinhos	4106902	PR	Araucária	488	35,90
3534708	SP	Ourinhos	4209300	SC	Lages	805	61,12
3534708	SP	Ourinhos	4310207	RS	Ijuí	1497	99,89
3534708	SP	Ourinhos	4314100	RS	Passo Fundo	1250	85,48
3534708	SP	Ourinhos	4306106	RS	Cruz Alta	1444	99,46
3534708	SP	Ourinhos	4316907	RS	Santa Maria	1579	109,89
3534708	SP	Ourinhos	4314902	RS	Porto Alegre	1217	109,71
3534708	SP	Ourinhos	4301602	RS	Bagé	1800	102,93
3534708	SP	Ourinhos	4315602	RS	Rio Grande	2073	118,37
3534708	SP	Ourinhos	4109401	PR	Guarapuava	880	64,34
4115200	PR	Maringá	4106902	PR	Araucária	621	48,68
4115200	PR	Maringá	4209300	SC	Lages	823	61,23
4115200	PR	Maringá	4310207	RS	Ijuí	1515	98,93
4115200	PR	Maringá	4314100	RS	Passo Fundo	1515	98,93
4115200	PR	Maringá	4306106	RS	Cruz Alta	1515	98,93
4115200	PR	Maringá	4316907	RS	Santa Maria	1599	103,51
4115200	PR	Maringá	4314902	RS	Porto Alegre	1292	86,78
4115200	PR	Maringá	4301602	RS	Bagé	1627	105,04
4115200	PR	Maringá	4315602	RS	Rio Grande	1900	119,91
4115200	PR	Maringá	4109401	PR	Guarapuava	677	53,28
4113700	PR	Londrina	4106902	PR	Araucária	621	44,85
4113700	PR	Londrina	4209300	SC	Lages	823	83,21
4113700	PR	Londrina	4310207	RS	Ijuí	1515	98,93
4113700	PR	Londrina	4314100	RS	Passo Fundo	1515	98,93
4113700	PR	Londrina	4306106	RS	Cruz Alta	1515	98,93
4113700	PR	Londrina	4316907	RS	Santa Maria	1599	103,51
4113700	PR	Londrina	4314902	RS	Porto Alegre	1292	86,78
4113700	PR	Londrina	4301602	RS	Bagé	1627	105,04
4113700	PR	Londrina	4315602	RS	Rio Grande	1900	119,91
4113700	PR	Londrina	4109401	PR	Guarapuava	657	52,19
4113700	PR	Londrina	3552403	SP	Paulínia	726	19,79

Fonte: Elaborado baseado em ANTT (2007b), base de dados LOGIT e dados SAB-ANP.

### 4.2.12.3 Aquaviárias

Os trechos hidroviários considerados foram determinados com base nas informações da Figura 11 e Figura 12, além de alguns trabalhos e apresentações sobre a utilização desse modal no transporte de combustível no país (CUNHA, 2003; ROSSETO JÚNIOR, 2005; SANT'ANNA, 2006; PACHECO, 2007; PEREIRA, 2007). Os custos dos fretes nos trechos da região Norte do país foram baseados nas informações companhia de Navegação Cunha<sup>85</sup> para os trechos entre Porto Velho – RO e Manaus – AM e entre Manaus e Santarém – PA (informação verbal). Os demais trechos tiveram seus fretes estimados como relação direta entre distâncias hidroviárias obtidas em informações disponíveis na Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ (2007), Companhia de Docas do Pará – CDP (2007) e Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de Rondônia – SOPH (2007). Foram adicionados aos fretes os custos de transbordos dos portos hidroviários de Manaus, de R\$ 4,37/m<sup>3</sup> (TRANSPETRO, 2007d), Porto Velho – RO de R\$ 3,61/m<sup>3</sup> (SOPH, 2007) e Belém e portos do Pará, R\$ 4,76/m<sup>3</sup> (CDP, 2007). Nos portos dos estados do Acre, Roraima e Amazonas foram usados o valor de Manaus (TRANSPETRO, 2007d), e no Amapá o valor da CDP (2007).

Os trechos e fretes hidroviários são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Trechos e fretes hidroviários considerados

ORIGEM		DESTINO		Distância (km)	Transbordos	Custo Variável (R\$/m <sup>3</sup> km)	Frete Final (R\$/m <sup>3</sup> )
UF	Base	UF	Base				
AM	Porto Velho	AM	Manaus	1211	7,98	0,05	68,82
RR	Manaus	RR	Caracará	780	8,74	0,04	39,94
PA	Manaus	AM	Óbidos	650	8,74	0,04	34,74
PA	Manaus	PA	Santarém	770	8,74	0,04	39,54
PA	Manaus	PA	Itaituba	1050	8,74	0,04	50,74
AC	Manaus	AC	Cruzeiro do Sul	3750	8,74	0,04	158,74
PA	Belém	PA	Almeirim	600	9,52	0,04	33,52
PA	Belém	PA	Vitória do Xingu	590	9,52	0,04	33,12
AP	Belém	AP	Macapá	411	9,52	0,04	25,96
AM	Porto Velho	RR	Caracará	1991	16,72	0,05	108,76
AM	Porto Velho	AM	Óbidos	1861	16,72	0,05	103,56
AM	Porto Velho	PA	Santarém	1981	16,72	0,05	108,36
AM	Porto Velho	PA	Itaituba	2261	16,72	0,05	119,56
AM	Porto Velho	AC	Cruzeiro do Sul	3750	16,72	0,05	227,56

Fonte: Elaborado a partir de informações da Companhia de Navegação Cunha, CDP (2007), SOPH (2007), ANTAQ (2007) e TRANSPETRO (2007d)

<sup>85</sup> Empresa com sede em Manaus – AM. Informações obtidas por contato telefônico em 28 dez. 2007.

As distâncias marítimas entre os portos brasileiros, necessárias para a navegação de cabotagem, foram obtidas a partir das informações também disponíveis na ANTAQ (2007) e CDP (2007). O uso do modal de transporte de cabotagem foi utilizado devido sua importância para a distribuição de derivados de petróleo, principalmente gasolina e potencialmente o álcool anidro e hidratado. Os trechos utilizados foram baseados em informações da distribuição espacial dos terminais da TRANSPETRO (vide Figura 12) assim como em informações sobre a importância do transporte de cabotagem para os fluxos primários e de transferência de derivados para a região Nordeste e Norte. Os custos fixos dos fretes de cabotagem foram baseados nos custos portuários disponíveis em TRANSPETRO (2007d), e em uma “ponta rodoviária” fixa para transporte do álcool até a base mais próxima ao porto, valores estes baseados nas informações do levantamento dos fluxos de transferências de álcool do ESALQ-LOG. Os custos variáveis foram baseados no gráfico de LOGIT (2006, p. 41) o qual foi construído a partir de informações de custos de transporte de combustíveis fornecidos pela TRANSPETRO. A Tabela 12 apresenta o detalhamento dos custos fixos e a Tabela 13 os trechos, distâncias e fretes considerados nos fluxos de cabotagem.

A Tabela 14 apresenta os custos dos portos marítimos exportadores baseados nas informações de Rodrigues (2007) e TRANSPETRO (2007d). Os portos do nordeste tiveram seus valores estimados iguais aos do Rio de Janeiro.

Tabela 12 – Estimativas dos custos fixos em R\$/m<sup>3</sup> da operação de cabotagem

Origem	Destino	desembarque caminhão	Operação de embarque navio		Operação de desembarque navio		embarque caminhão	ponta rodoviária até a base	Total
			tancagem	carga	tancagem	descarga			
Maceió	São Luís	4,57	10,37	2,16	13,34		4,57	10,00	45,01
Maceió	Salvador	4,57	10,37	2,16	12,03		4,57	10,00	43,70
Maceió	Natal	4,57	10,37	2,16	12,18		4,57	10,00	43,85
Maceió	Fortaleza	4,57	10,37	2,16	4,01	10,37	4,57	10,00	46,05
Maceió	Belém	4,57	10,37	2,16	14,21		4,57	10,00	45,88
Cabedelo	São Luís	4,57	13,23		13,34		4,57	10,00	45,71
Cabedelo	Salvador	4,57	13,23		12,03		4,57	10,00	44,40
Cabedelo	Natal	4,57	13,23		12,18		4,57	10,00	44,55
Cabedelo	Fortaleza	4,57	13,23		4,01	10,37	4,57	10,00	46,75
Cabedelo	Belém	4,57	13,23		14,21		4,57	10,00	46,58

Fonte: Elaborado a partir de TRANSPETRO (2007d) e informações de “ponta rodoviária” do ESALQ-LOG.

Tabela 13 – Estimativas dos custos de frete de cabotagem

Origem	Destino	Distância (km)	Custo variável (R\$/m³)	Custo fixo (R\$/m³)	Frete Total (R\$/m³)
Maceió	São Luís	1741	49,41	45,01	94,42
Maceió	Candeias	622	30,66	43,70	74,36
Maceió	Natal	502	27,06	43,85	70,91
Maceió	Fortaleza	1001	40,02	46,05	86,07
Maceió	Belém	2371	55,71	45,88	101,59
Cabedelo	São Luís	1389	45,89	45,71	91,60
Cabedelo	Candeias	974	39,48	44,40	83,88
Cabedelo	Natal	150	9,00	53,81	62,81
Cabedelo	Fortaleza	649	31,47	56,01	87,48
Cabedelo	Belém	2019	52,19	55,84	108,03

Fonte: Elaborado a partir de LOGIT (2006, p. 41), TRANSPETRO (2007d), ANTAQ (2007) e CDP (2007)

Tabela 14 – Tarifas portuárias

PORTO	TARIFA (R\$/m³)
Cabedelo - PB	12,30
Suape - PE	12,30
Maceió - AL	12,30
Rio de Janeiro - RJ	12,30
Santos - SP	30,00
Paranaguá - PR	26,00

Fonte: Elaborado a partir de Rodrigues (2007, p. 51) e TRANSPETRO (2007d)

#### 4.2.12.4 Dutoviárias

Os fretes nos trechos dutoviários foram obtidos de TRANSPETRO (2007b) e das informações obtidas por Rodrigues (2007) da TRANSPETRO, sendo reproduzidos na Tabela 15. Apenas os trechos dutoviários em que se observou fluxos no ano-safra canavieiro 2006-2007 e em que eles fizessem sentido econômico foram representados.

Tabela 15 – Trechos e fretes dutoviários considerados

ORIGEM	DESTINO	MODAL	FRETE (R\$/m³)
Araucária	Itajaí	dutoviário	18,89
Araucária	Florianópolis	dutoviário	23,89
Paulínia	Rio de Janeiro	dutoviário	53,82
Paulínia	Osasco	dutoviário	16,22
Paulínia	Guarulhos	dutoviário	17,35
Paulínia	Rio de Janeiro (exportação)	dutoviário	60,78

Fonte: Elaborado a partir de TRANSPETRO (2007b) e Rodrigues (2007, p. 49)

#### **4.2.12.5 Intermodalidades**

Por simplificação, as alternativas de uso de diferentes modalidades de transporte para uma mesma etapa do fluxo de álcool, apesar de poder existir, principalmente nos fluxos de transferência, foi considerada apenas para poucos casos de transporte aquaviário (Tabela 11). Além disso, a própria estrutura do modelo contempla várias etapas de fluxos de transporte e a equação (12) permite que ocorram diversas etapas de fluxo de transferência.

#### **4.3 Cenários considerados**

O objetivo básico da utilização da análise de cenários para o modelo seria primeiramente o de se checar a consistência do modelo proposto com os fluxos de transporte reais de álcool combustível; a seguir, obter respostas para as localizações ideais de tanques de álcool para as seguintes situações:

- 1) níveis atuais de produção, consumo e do sistema de distribuição;
- 2) variação de preços de frete, capacidade dinâmica de armazenagem e construção de armazéns, com objetivo de se fazer um análise de sensibilidade dos custos logísticos.

Na tentativa de se obter respostas para essas situações foram analisados dois cenários, os quais serão diferenciados pelas restrições de número máximo de tanques que podem ser instalados. Em cada cenário, alterações em custos de transporte de transferência e capacidade dinâmica são realizadas com o objetivo de se fazer uma análise de sensibilidade sobre a consistência dos fluxos e localizações indicadas nas respostas.

Todos os cenários consideraram a oferta, demanda e exportações relativos à safra canavieira 2006/2007, período de abr. 2006 a mar. 2007. Foram considerados como possíveis locais para instalação dos tanques de álcool as mesorregiões em que se encontram as unidades produtoras e as cidades-pólos de bases de distribuição e terminais. Estas suposições estão detalhadas e justificadas nos tópicos 4.2. Todos os cenários não forçam o estabelecimento de tanques de armazenagem de álcool e possuem suas estimativas de fretes baseadas nas informações descritas ao longo do tópico 4.2.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos para cada cenário considerado no trabalho. São analisadas as respostas sobre os fluxos de álcool no Brasil, o tamanho ótimo e os locais mais adequados para instalação de tanques de armazenagem de álcool obtidos pelo processamento do modelo matemático de programação inteira-mista proposto no trabalho. Esse modelo foi desenvolvido no *software* GAMS v. 22.5 148 (*General Algebraic Modeling System*) que utilizou o *solver* CPLEX 10.1 para sua resolução. A licença de utilização desse *solver* foi anteriormente adquirida pelo grupo ESALQ-LOG e disponibilizada para a realização dessa dissertação. No ANEXO A encontra-se o modelo codificado.

Os modelos foram simulados no computador do projeto de doutorado de Moreira<sup>86</sup>. Esse equipamento conta com processador Pentium D 4.0 Ghz e 4 Gb de RAM. Os tempos médios de simulação foram de aproximadamente 3 minutos e todos atingiram suas respostas ótimas.

Os resultados do trabalho estão sujeitos às simplificações e hipóteses adotadas na elaboração do modelo já citadas. Dentre elas, as mais importantes são:

- 1) nível de detalhamento de dados de centros produtores e consumidores por mesorregião;
- 2) ofertas, demandas, estoques iniciais, exportações, participação da produção de dada região destinada à exportação e infra-estrutura referentes ao ano-safra 2006/2007;
- 3) não há economias de escala no transporte e no armazenamento;
- 4) capacidade dinâmica fixa dos tanques de armazenagem de álcool;
- 5) alocação fixa da capacidade estática dos tanques para os dos tipos de álcool.

Destaca-se ainda que muitos dos dados de distâncias e custos utilizados são estimados e obtidos a partir de pequeno número de informações. Além disso, não se considerou a possibilidade de fluxos de coleta de álcool ferroviário, dutoviário ou hidroviário, já que nessa etapa de fluxo, essas modalidades de transporte são incipientes. Também, deve-se ressaltar que a questão da negociação de preços de álcool entre usinas e distribuidoras também não foram adotadas no problema e podem, em menor intensidade, interferir no roteamento de fluxos e nos níveis de armazenamento de

---

<sup>86</sup> MOREIRA, J.M.M.A.P. Doutorando em economia aplicada pela ESALQ-USP.

distribuidoras e usinas.

Outra ressalva se deve ser feita sobre a modelagem matemática, já que para fins de redução da complexidade do modelo (o modelo final contava com aproximadamente 127 mil variáveis das quais 298 eram inteiras), foi adotado procedimento de simplificação do número de possibilidades de fluxos de transporte. A simplificação consistiu na limitação de possibilidade de fluxo de suprimento de álcool pelas unidades produtoras, na maioria dos casos, a menos de 1000 km das bases de distribuição; os fluxos de transferência foram limitados para as bases de distribuição, de tal forma que esses fluxos fizessem sentido com a realidade de transporte de álcool do país; e o suprimento de cada região consumidora por apenas bases de distribuição próximas, de forma a representar o comportamento dos fluxos de entrega das distribuidoras. Essas restrições de fluxos são, indiretamente, semelhantes às restrições de raio de cobertura da hierarquização de fluxos entre pontos de origem, centros concentradores de carga e destinos, apresentado por Alamo e Brinati (2006), em versão adaptada de O'Kelly et al. (1996).

A partir de diversas respostas de cenários, os fluxos claramente incoerentes com a realidade do sistema distribuição de álcool combustível no país eram retirados dos subconjuntos de combinações de índices permitidos. Como, por exemplo, um fluxo de entrega de combustível com distribuidora em São Luís – MA e consumidor na região Metropolitana de Fortaleza – CE. Essas alterações de cenários foram necessárias para que se pudesse representar mais adequadamente o comportamento das distribuidoras de combustíveis, as quais estão inseridas em uma estrutura de mercado em que a programação linear se apresenta pouco adequada. Isso porque não se trata de um mercado de concorrência perfeita, uma vez que determinado posto, afiliado a uma rede de distribuição, pode apenas comprar combustível da distribuidora à qual é afiliado. Tal método de resolução do problema é semelhante ao método descrito por Yoshizaki et al. (1997) para a resolução do problema de localização de bases de distribuição de álcool e para a definição da área de influência das mesmas.

### **5.1 Cenário 1 – Panorama atual**

O cenário 1 levou em consideração a atual capacidade instalada, em operação, de tanques de armazenagem de álcool nas regiões produtoras e bases. A possibilidade de instalação de novos tanques não foi permitida, ou seja, o número máximo de novos

tanques foi definido como zero. A intenção desse cenário é de verificar os atuais fluxos de distribuição de combustível, ressaltados pelos resultados do modelo, e de determinação dos custos desse sistema, de forma a servir como referência para o segundo cenário.

A solução do problema de minimização de custos logísticos, sob as condições estipuladas, indicou que o menor custo possível para movimentação do álcool combustível, no ano-safra 2006/2007, entre os meses de abr. 2006 e mar. 2007, foi de R\$ 1,54 bilhões, dos quais 79,9% se referem aos custos de transporte (nesse valor incluídos os custos de embarque e desembarque das distribuidoras, os quais correspondem a 2,2%), 11,3% a custos de armazenagem, 3% aos custos de tancagem operacional e 5,8% a custos portuários. Os valores de cada etapa dos fluxos de transporte e sua participação na composição total dos custos de transporte do cenário 1 para os mercados interno e externo são apresentados nas Tabelas 16 e 17, respectivamente.

Tabela 16 – Descrição dos fluxos e custos de transporte para o mercado interno, cenário 1

FLUXO	ORIGEM	DESTINO	CUSTOS (milhões)	VOLUME (1000 m <sup>3</sup> )	PARTICIPAÇÃO NOS CUSTOS
<i>Coleta</i>	usinas	bases	R\$ 584	13.697	57,1%
<i>Transferência</i>	bases	bases	R\$ 127	1.603	12,4%
<i>Entrega</i>	bases	postos	R\$ 311	13.697	30,5%
TOTAL MERCADO INTERNO			R\$ 1.022		

Fonte: Resultados do trabalho.

Tabela 17 – Descrição dos fluxos e custos de transporte para o mercado externo, cenário 1

FLUXO	ORIGEM	DESTINO	CUSTOS (milhões)	VOLUME (1000 m <sup>3</sup> )	PARTICIPAÇÃO NOS CUSTOS
<i>Exportação direta</i>	usinas	portos	R\$ 203,5	3.339	98,5%
<i>Exportação indireta</i>	usinas (via terminais)	portos	R\$ 3,1	23	1,5%
TOTAL MERCADO EXTERNO			R\$ 206,6		

Fonte: Resultados do trabalho.

Em relação aos custos de armazenagem, 99,7% do total (R\$ 173,5 milhões) se referem aos gastos para a armazenagem do álcool nas regiões produtoras (usinas), enquanto os 0,3% (0,5 milhões) restantes se referem aos custos de armazenagem nas bases. A armazenagem nas bases é utilizada, geralmente, apenas em períodos em que o volume de estoques das usinas atinge o seu limite de capacidade dinâmica de armazenamento, mais comum nos meses de setembro e outubro. Os resultados detalhados do cenário 1, contendo as quantidades transportadas e armazenadas mensalmente e tipo de modal de transporte utilizado, são apresentados no ANEXO A.

Basicamente, o que se pode observar é que tanto os fluxos de coleta como de entrega envolvem curtas distâncias. As distâncias médias dos fluxos de coleta ficaram entre 300 e 360 km e as dos fluxos de entrega entre 100 e 140 km, sendo os limites inferiores mais próximos ao álcool hidratado e superiores ao anidro. Mesmo assim, esses fluxos representam a maior parte dos custos logísticos da distribuição de álcool, (tal como demonstra a Tabela 16), uma vez que os fluxos de transferência são menos significativos.

Interessante observar que os resultados sobre as distâncias médias de coleta são sensivelmente superiores ao valor médio de 200 km indicado no levantamento da cadeia de combustível apresentado por Fleury (2005) e relatado por Figueiredo (2006). Entretanto, os dados de custos, em R\$/litro, por etapa de fluxo de transporte, calculado pela relação entre os custos totais de cada etapa e o volume total de álcool consumido no mercado interno e apresentado na Tabela 18, são muito consistentes com os valores indicados pelo SINCOPEPETRO (2007), conforme já apresentado na Tabela 2.

Tabela 18 – Custos em R\$/litro, por tipo de álcool, nas etapas de distribuição do mercado interno, cenário 1

FLUXO	ANIDRO	HIDRATADO	MÉDIA GERAL (1)
<i>Coleta</i>	0,045	0,041	0,043
<i>Transferência</i>	0,076	0,087	0,080
<i>Entrega</i>	0,026	0,020	0,023
MÉDIA TOTAL DOS FLUXOS	0,085	0,067	0,075

Fonte: Resultados do trabalho.

(1) A média geral corresponde à média ponderada dos custos de transporte e volume correspondente a cada tipo de álcool, em cada etapa. Logo, os valores médios não são iguais à média aritmética.

Já as faixas de distâncias percorridas pelos fretes de entrega (vide Figura 17) são muito próximas às indicadas na pesquisa de Fleury (2005).

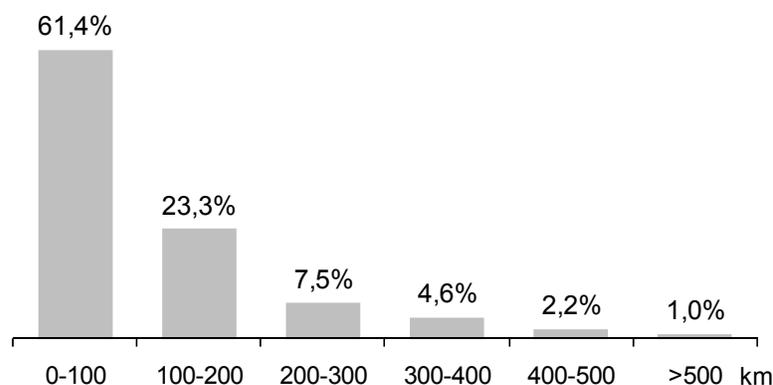


Figura 17 – Participação de fluxos de entrega, por faixa de distâncias (em km)

Fonte: Resultados do trabalho.

Em relação aos fretes de transferência, a Tabela 19 apresenta os detalhes da participação por modal e tipo de álcool obtido no cenário 1 para esse fluxo. Chama a atenção a dependência da transferência via modal rodoviário para os fluxos de álcool hidratado. Essas respostas confirmam a ênfase dos investimentos em infra-estrutura de transportes de combustíveis para a distribuição de gasolina, indiretamente representada pelos fluxos de álcool anidro, e a regionalização e incentivo para essa situação no consumo de álcool hidratado.

Tabela 19 – Fluxos de transferência (m<sup>3</sup>) total por modal e tipo de álcool

MODAL	FLUXO TOTAL (1000 m <sup>3</sup> )			PARTICIPAÇÃO		
	anidro	hidratado	total geral	anidro	hidratado	total geral
cabotagem	60	16	75	6%	3%	5%
hidroviário	109	18	126	10%	3%	8%
rodoviário	122	266	387	12%	49%	24%
dutoviário	312	122	434	29%	22%	27%
ferroviário	456	124	580	43%	23%	36%
TOTAL GERAL	1.059	546	1.602			

Fonte: Resultados do trabalho.

É relevante ressaltar que os resultados de participação percentual das modalidades de transporte indicadas na Tabela 19 são muito próximos aos apresentados por Fleury (2005) e Figueiredo (2006) – indicados no tópico 2.3.1.1 – quando se desconsidera os fluxos de transferência dutoviária e de cabotagem (considerados apenas

nos fluxos primários no trabalho dos dois autores, que privilegiou a análise de transporte dos combustíveis mais representativos do mercado, gasolina e diesel). Os valores das respostas nesse caso são a participação de 53% na modalidade ferroviária, 35% na rodoviária e 12% na fluvial. Entretanto, quando os valores absolutos das respostas dos fluxos de transferências são comparados com os valores informados pelos prestadores de serviço de transporte de combustível, as respostas não se ajustam tão bem.

Em relação às transferências via dutos, em uma comparação inicial das respostas com as informações da TRANSPETRO (2007a) (vide Figura 13), há uma indicação de menor consistência nos resultados. Sem dúvida, tal diferença de padrão de resposta se deve a problemas na qualidade de informações de custos de fretes e armazenagem, a problemas de agregação de dados, de simplificação das possibilidades de transbordos, e à dificuldade das premissas da modelagem, utilizando programação inteira-mista e análise dos custos de transportes, para representação do comportamento do mercado de distribuição de combustíveis. Como afirma Soares (2003), “a lógica de distribuição observada no mercado, muitas vezes, aloca os municípios não à base mais próxima e sim a uma outra, provavelmente por questões específicas de mercado de cada empresa ou devido à estrutura de impostos estaduais.”

Na entrada de dados não houve indicação de fluxos de transferência dutoviária nos seguintes trechos: entre o terminal de Barueri (na região metropolitana de São Paulo e representado por Osasco devido à agregação de dados) e Paulínia – SP; entre a refinaria de Araucária (próxima a Curitiba – PR) e o porto de Paranaguá – PR e entre o terminal de Guararema (representado como Guarulhos, devido à agregação de dados) e Paulínia já que esses trechos, que representam um fluxo de aproximadamente 100 mil m<sup>3</sup>, aparentemente não fazem sentido econômico, dadas as suas tarifas de transporte, indicadas em TRANSPETRO (2007b), e o próprio fluxo contra o sentido tradicional de região produtora para a consumidora. Logo, são fluxos muito mais relacionados a comportamentos de política de mercado das distribuidoras, os quais não puderam ser modelados. Em relação ao trecho entre Paulínia e o terminal de Guararema, que foi considerado como entrada de dados, mas não apresentou fluxos, há a indicação clara de perda de competitividade do uso dutoviário para transferência de curtas distâncias. Uma vez que, não houve indicação de fluxos nem mesmo em situação de simulação de uma taxa de desconto de 30% sobre o preço da tarifa dutoviária. Em relação a esse trecho,

Paulínia – Guararema, o qual apresenta fluxo anual de quase 300 mil m<sup>3</sup>, uma possibilidade que se cogita é que a maior parte desse fluxo (dois terços) é uma etapa intermediária entre Paulínia e a refinaria REDUC, na região metropolitana do Rio de Janeiro. Logo, foi contabilizado duas vezes na movimentação da TRANSPETRO (2007a). Essa possibilidade é levantada, uma vez que o fluxo entre Guararema e REDUC, apresentado na contabilização de movimentação anual da TRANSPETRO (2007b), não é indicado nas condições gerais de movimentação de álcool da TRANSPETRO, disponível em TRANSPETRO (2006b) e também faz menos sentido econômico que o fluxo entre Paulínia e a REDUC, indicado nas respostas do cenário 1, com um valor próximo a 80% do divulgado em TRANSPETRO (2007a) para o trecho Guararema – REDUC.

Acredita-se que os fluxos na região sul, nos trechos entre Araucária e os terminais de Itajaí – SC e Biguaçu (na região metropolitana de Florianópolis – SC) consecutivamente, apresentem a mesma forma de contabilização da TRANSPETRO. Considerando essa possibilidade, os resultados obtidos são muito coerentes, com uma movimentação levemente subestimada em 15 mil m<sup>3</sup> (ou 10%) no primeiro trecho e superestimada em 45 mil m<sup>3</sup> (ou 50%) no segundo trecho. Tal resultado possivelmente é resultado da agregação dos dados de centros consumidores, já que se tratam de duas cidades próximas (Itajaí está a menos de 100 km de Florianópolis), pertencentes a mesorregiões vizinhas e que são totalmente supridas, em seu fluxo de coleta, pela cidade com distribuidora da sua mesorregião.

Nos fluxos de transferências ferroviárias, houve diferença nítida entre os volumes de transporte indicados nas respostas e o relatório de movimentação de álcool combustível das concessionárias ferroviárias, disponível no Quadro 4. No entanto, vale ressaltar que, de uma forma geral, os fluxos, de origem e destino, foram muito coerentes com as realidades de mercado. Os principais trechos com transferência de álcool são, como esperados, os trechos da região Sul, sob concessão da ALL. Os pontos de origem de carga, nessa região e nesse cenário, são: Ourinhos – SP, Maringá – PR e Londrina – PR, com fluxos de transferência anual (04/2006 a 03/2007) de aproximadamente 390 mil m<sup>3</sup> (85% de anidro), 35 mil m<sup>3</sup> e 1,5 mil m<sup>3</sup> (os dois últimos de álcool hidratado) respectivamente. As principais regiões consumidoras, destino das transferências, são Porto Alegre – RS, atendida pelas três origens, e as regiões de Rio Grande – RS, Bagé – RS, Santa Maria – RS e Ijuí – RS, todas atendidas por Ourinhos – SP. As distribuidoras

em Ourinhos acabam se aproveitando, de forma eficiente, das instalações do centro coletor de álcool da cidade, o maior centro coletor existente, e o primeiro a ser revitalizado pela BR Distribuidora após a empresa arrendá-lo da Petrobrás.

A originação de carga do centro coletor de Ourinhos corresponde aos fluxos de usinas da sua mesorregião (todo o álcool hidratado e parte do anidro) à mesorregião de Araçatuba, São José do Rio Preto e Presidente Prudente – SP. Em relação à Londrina e Maringá, o álcool dessas distribuidoras provém das próprias usinas dessa mesorregião, da mesorregião vizinha (noroeste do Paraná) e de Presidente Prudente.

A qualidade de respostas de transferência de álcool no norte do Paraná, nesse cenário, foi prejudicada por algumas limitações da modelagem, principalmente em relação à restrição de capacidade dinâmica uniforme das distribuidoras, e igual a quatro vezes sua capacidade estática. Essa pressuposição foi restritiva para os fluxos com origem em Londrina e Maringá, os quais, segundo informações de dados de giro de estoque de algumas distribuidoras, apresentam valores superiores a taxas de giro médias adotadas. Em uma simulação com flexibilização dessa restrição para a capacidade dinâmica igual a oito vezes a capacidade estática das distribuidoras, informação coerente com informações de taxa de giro de álcool nessa região e em algumas regiões metropolitanas de capitais, o volume do transporte de transferência da região aumentou em mais de 20%. Essa flexibilização de restrição indica uma boa possibilidade para a construção de tanques de álcool nessa região, ou mesmo a indicação para a revitalização do centro coletor de álcool de Londrina, o qual se encontra atualmente desativado. Sob essas condições, a participação das origens dos fluxos de transferência da região ficou mais equilibrada, com aproximadamente 46% com origem em Ourinhos, 32% em Londrina e 22% em Maringá. Ourinhos continua essencialmente transferindo álcool anidro, enquanto as cidades do norte do Paraná passam a realizar transferências equivalentes dos dois tipos de álcool. As regiões de destino também sofreram alterações, com o surgimento de fluxos com destino a Curitiba – PR e a Lages – SC com origem em Ourinhos, além de Paulínia como destino ao álcool com origem em Londrina, como possível fluxo de retorno para a distribuição de gasolina. Observa-se, nesse cenário, a necessidade de diversificação dos fluxos com origem em Ourinhos para competir com os fluxos com origem no norte do Paraná. O primeiro trecho, entre Ourinhos e Curitiba é, realmente, um importante fluxo ferroviário de transferência na região Sul, mas com qualidade de resposta provavelmente

comprometida pelas simplificações da modelagem. Já os trechos entre Ourinhos e Lages e Londrina e Paulínia aparentemente são novas rotas, que inclusive vêm sendo desenvolvidas pela ALL para melhor atendimento do seu mercado consumidor e que, portanto, podem se beneficiar com o desenvolvimento de infra-estrutura de armazenagem de álcool.

Outra possibilidade testada, para a análise de sensibilidade dessas respostas, foi um desconto nas tarifas de transferências, visando analisar principalmente às transferências ferroviárias, visto que é comum o mercado comentar que as tarifas ferroviárias divulgadas oficialmente geralmente são declaradas em um valor teto, sob o qual há negociação de descontos. Verifica-se que em uma condição de 20% de desconto e taxa de giro igual a oito, os fretes ferroviários de transferência apresentam um valor agregado de transporte quase idêntico ao declarado pela ALL em 2006. Além disso, as origens e destinos se tornam muito próximas às reais, sendo que a cidade de Ourinhos passa a ter um volume movimentado bem superior aos de Londrina e Maringá, as quais voltam a possuir participação relevante apenas nos fluxos de álcool hidratado, quase 70% do total das três cidades. A região de Curitiba passa a ser o principal receptor dos dois tipos de álcool, seguida por Porto Alegre. Esses resultados aparentemente são muito coerentes com a realidade e refletem os custos mais competitivos do transporte com origem em Ourinhos e destino à região Sul, assim como os potenciais descontos de fretes entre Ourinhos e a refinaria de Araucária devido a contratos de maior longevidade e periodicidade, além de possibilidade de fretes de retorno dos demais combustíveis. Também é clara a existência de melhor infra-estrutura de tanques para o escoamento de produção via Ourinhos ao invés das suas concorrentes diretas no norte do Paraná.

Outros trechos de transferência ferroviária de destaque em que se verificam importantes possibilidades para análise de investimentos em tanques são: o trecho ligando Ribeirão Preto – SP a Belo Horizonte – MG, cujo resultado de fluxo de álcool anidro indicado no cenário é equivalente a 90% do valor total de movimentação de álcool declarado pela concessionária FCA na Quadro 4; e o trecho entre Ribeirão Preto e Brasília, no qual essa indicação de fluxo é aparentemente pouco coerente com a realidade, mas reflete as tarifas competitivas indicadas para o trecho em ANTT (2007b). O potencial do primeiro trecho é bastante caracterizado quando se flexibiliza o cenário de restrição da capacidade dinâmica dos tanques para oito vezes a capacidade estática e se

assume um desconto de 20% nos fretes de transferência. Nesse caso, o fluxo no trecho quadruplica, impacto muito superior ao da flexibilização isolada ou ao da capacidade dinâmica (cujo impacto é de quase 60%) ou ao do desconto de 20% nos fretes de transferência (impacto de 40%).

Em relação aos demais trechos de transferências ferroviárias, os fluxos são incipientes. As concessionárias do Norte e Nordeste não apresentam fluxo de transferência no cenário. Mesmo com redução de tarifas e aumento de taxas de giro de estoques, fluxos não são observados. Tal padrão reflete a estrutura ainda incipiente da região e o pequeno incentivo das concessionárias ferroviárias ao transporte de combustível, como indicam as altíssimas tarifas de transporte ferroviário, quando comparadas às da região Sul. É provável que os fluxos dessas regiões, indicados na Quadro 4, sejam observados em função de negociações caso a caso entre consumidores e concessionárias ferroviárias, como passa a impressão a reportagem de CFN (2005). Além disso, é importante ressaltar que as distâncias ferroviárias na região Nordeste, entre as regiões produtoras e consumidoras, são mais curtas; logo, podem se beneficiar menos das economias de escala do transporte ferroviário. Existe também o potencial erro dos custos de transporte rodoviário, cujas estimativas foram baseadas em amostras da região Centro-Sul, as quais podem não ser representativas para as condições das regiões Norte e Nordeste, onde as particularidades são outras. Há que se destacar também a existência de uma infra-estrutura de transportes na região que pode fazer bom uso dos fluxos de cabotagem, tanto que nas respostas do cenário 1, fluxos, essencialmente de álcool anidro, foram observados entre João Pessoa e São Luís e entre Maceió e Belém. Não se pode confirmar ao certo a consistência dessas respostas com a realidade; entretanto, é destacável a importância dos terminais portuários e da TRANSPETRO nessas duas cidades de origem e nas duas cidades de destino para o transporte de combustíveis.

Em relação aos outros trechos de transferência ferroviária, chamam a atenção os fluxos de álcool hidratado entre o Alto do Taquari – MT e São José do Rio Preto – SP. Esse trecho é muito apropriado ao escoamento de produção dessa região do Mato Grosso. Nele se observa nitidamente a influência das restrições de capacidade dinâmica para o transporte de combustíveis, indicando mais uma potencial cidade para instalação de tanques de álcool em uma região cujo trecho ferroviário está em desenvolvimento e adaptação pela concessionária ferroviária.

Nas simulações de considerações sobre descontos no transporte ferroviário de 30% para o cenário 1, chama a atenção o aparecimento, em grande escala, de Araraquara – SP como importante região de origem de álcool com volumes totais movimentados próximos aos de Ourinhos. O destino dos fluxos de Araraquara é quase que exclusivamente à base primária de Paulínia, para suprimento da região de Campinas e do entorno de São Paulo. A região de Araraquara, com a revitalização da malha ferroviária do interior paulista para o transporte de álcool, o que parece ser uma das prioridades da ALL após a fusão com as antigas concessionárias atuantes no estado de São Paulo, sem dúvida, pode se tornar um importante centro coletor de álcool e utilizar eficientemente seus tanques coletores e de armazenagem revitalizados recentemente.

As transferências rodoviárias, quando comparadas em termos relativos proporcionais ao volume de produção e consumo local, predominam claramente na região Centro-Oeste e para os fluxos de álcool hidratado. A principal região de origem de carga é o estado do Mato Grosso, e particularmente a cidade de Cuiabá, o que é bastante coerente com a forte carência logística da região para o escoamento da sua produção excedente. Há também indicações de grandes fluxos rodoviários nas ligações entre os estados da Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo. Assim como fluxos menores na região Norte e no norte do Nordeste (regiões não produtoras) as quais, por apresentarem consumo e infra-estrutura concentrados em suas capitais, acabam apresentando fluxos de transferências relativamente pequenos, em detrimento de longos trechos de fluxo de coleta (como, por exemplo, o trecho entre a Mata Paraibana e Fortaleza – CE).

Os fluxos de transferência hidroviária são bastante concentrados para o álcool anidro na região Norte do país, principalmente como uma etapa de ligação do álcool produzido no estado do Mato Grosso com destino a Porto Velho – RO, de onde é transportado, via hidrovia do rio Madeira, para Manaus – AM. Os fluxos nas bases secundárias do interior de Amazonas, Acre, Roraima e noroeste do Pará não foram observados, erro provavelmente em função do nível de agregação de dados para a região. Outro fluxo hidroviário de interesse é a ligação de Belém – PA com as bases secundárias com acesso hidroviário no interior do estado do Pará e com a transferência de álcool na região de Macapá.

Em relação aos fluxos de exportação, nota-se o predomínio de trechos de curta distância entre as regiões produtoras e principais portos exportadores, com utilização da modalidade rodoviária, muito competitiva para essas regiões.

Já em relação aos fluxos de exportações indiretas, ou seja, via terminais e utilização de modalidades de transporte competitivas, estes ocorrem apenas para as localizações mais ao interior. Tal como o Sul Goiano, única região de origem de carga para o único fluxo de exportação indireto, feito via dutos, pelo porto do Rio de Janeiro. Com a consideração de possíveis descontos nos custos de tarifas de frete dutoviário, as exportações indiretas também se tornam competitivas para a região do Triângulo Mineiro. Esses resultados indicam a grande importância do desenvolvimento dos atuais projetos de infra-estrutura de exportação, já que tal forma de fluxo de exportação se tornará essencial para a redução dos trechos rodoviários entre regiões produtoras e terminais na cada vez mais importante região de expansão de produção de álcool no interior do Brasil.

Tal como mostra o Quadro 7, altos ganhos de competitividade, para se aproximar dos custos dos fluxos de exportação direta, são fundamentais para o fomento das exportações nessas regiões produtoras. Além disso, a exportação via terminais pode contribuir na diminuição da sobrecarga dos atuais grandes portos exportadores de álcool, assim como para organização do sistema de exportação como um todo. Isso porque a modelagem proposta não indica a melhor opção para uma empresa individual, mas a melhor disposição para o sistema. Até porque a alternativa de transporte rodoviária entre regiões produtoras e Paulínia e consecutivo transporte dutoviário entre Paulínia e o Porto do Rio de Janeiro, não é atualmente a mais competitiva, do ponto de vista da unidade produtora, que a exportação direta via Santos. Entretanto, é a melhor alternativa que atende às restrições do modelo proposto de forma a se minimizar os custos totais; logo, provavelmente, será a melhor alternativa em casos de saturação do porto de Santos e necessidade de utilização da infra-estrutura de transportes já existente.

Chama a atenção o fato de praticamente todo o armazenamento de álcool ser feito pelas unidades produtoras. Isso pode ser explicado pelo fato de a capacidade de armazenamento média dessas unidades ser bastante alta. Somado a isso, há os custos de armazenagem competitivos dessas unidades, em grande parte em função da maior escala de armazenamento e menores exigências e necessidades relativas às questões de segurança dos tanques quando comparado aos das distribuidoras e terminais.

	R\$/m <sup>3</sup>	DISTÂNCIA (km)
Exportação Direta	60,38	433
Exportação Indireta	140,89	1.252
<i>usina terminal</i>	80,11	714
<i>terminal porto</i>	60,78	538
Custos portuários	26,73	12,30

Quadro 7 – Custos de exportações e portuários e distâncias médias percorridas

Fonte: Resultados do trabalho.

Outra ressalva em relação à resposta está na própria dificuldade de se modelar um nível de estoques das distribuidoras em uma estratégia de minimização de custos logísticos do sistema de distribuição de álcool combustível em que se privilegia a análise dos custos de transporte. Os estoques das distribuidoras estão muito mais ligados a questões de programação de segurança de suprimento, estratégias de posicionamento de mercado e de negociação de preço, fatores estes que por simplificação não foram considerados no modelo proposto neste trabalho.

## 5.2 Cenário 2 – Novos locais

O cenário 2 difere do anterior pela possibilidade de instalação de novos tanques à atual capacidade instalada e em operação de armazenagem de álcool em usinas e distribuidoras. Essa possibilidade ocorre com a mudança do valor dos parâmetros de número máximo de novos tanques, ou seja, os valores *nau* e *nad* das restrições (15) e (16), respectivamente. O valor adotado para esses parâmetros foi maior que o número de locais com possibilidade de instalação de novos tanques, logo correspondendo a possibilidades ilimitadas. A intenção desse cenário é verificar os locais com maior potencial para a instalação de novos tanques e conseqüentemente o tamanho desses tanques e seu número total.

A solução do problema de minimização de custos logísticos, sob essas novas condições, para o mesmo período considerado no cenário anterior, indicou o custo para movimentação do álcool combustível de R\$ 1,5 bilhões, dos quais R\$ 5 milhões correspondem à parcela anual de investimentos para a construção de quase 100 mil m<sup>3</sup> de novos tanques em distribuidoras, cujas localizações estão indicadas na Tabela 20.

Nesse novo cenário foi possível identificar economias próximas a R\$ 45 milhões em relação ao cenário anterior e custos de investimentos próximos a 10% desse valor; logo, indicando investimentos potencialmente atrativos.

Tabela 20 – Localização de novos tanques, cenário 2, em m<sup>3</sup>

UF	CIDADE	ANIDRO	HIDRATADO	TOTAL
SP	Limeira	4.580	15.738	20.318
SP	Sorocaba	3.713	7.795	11.508
SP	São Paulo		7.849	7.849
PR	Londrina	5.886	1.000	6.886
PR	Cascavel	2.845	2.473	5.318
MT	Barra do Garças		5.097	5.097
SC	Lages	2.651	1.421	4.072
SP	Araraquara	1.000	2.593	3.593
PR	Umuarama	1.000	1.628	2.628
MG	Montes Claros	1.000	1.000	2.000
RS	Santa Maria	1.000	1.000	2.000
MG	Governador Valadares	1.000	1.000	2.000
SP	Araçatuba	1.000	1.000	2.000
MT	Sinop	1.000	1.000	2.000
DF	Brasília	1.750		1.750
SP	Ourinhos		1.650	1.650
PI	Teresina	1.527		1.527
PR	Guarapuava	1.395		1.395
MG	Uberaba		1.306	1.306
AP	Macapá	1.000		1.000
PA	Marabá	1.000		1.000
MS	Dourados	1.000		1.000
RO	Vilhena	1.000		1.000
TO	Gurupi	1.000		1.000
CE	Juazeiro do Norte	1.000		1.000
SE	Laranjeiras	1.000		1.000
BA	Jequié		1.000	1.000
RJ	Campos dos Goytacazes	1.000		1.000
PR	Maringá		1.000	1.000
RS	Lajeado	1.000		1.000
SP	São José do Rio Preto		1.000	1.000
RN	Natal	1.000		1.000
<b>TOTAL</b>		<b>41.347</b>	<b>56.550</b>	<b>97.896</b>

Fonte: Resultados do trabalho.

A composição de custos permaneceu praticamente estável. Houve uma leve redução de 0,7 pontos percentuais na participação dos custos de transporte no valor total

(os custos de embarque e desembarque das distribuidoras aumentaram sua participação para 2,3% do total) e leves aumentos proporcionais nos custos de armazenagem e portuários. Os custos de tancagem operacional foram os que permaneceram mais estáveis com aumento ínfimo em função do crescimento de 7% dos fluxos de transferências e 220% dos fluxos de exportação indiretas, os quais, no entanto, correspondem a menos de 10% dos custos de fluxos totais.

Nas etapas de fluxos de transporte, as economias foram praticamente todas obtidas nos fluxos de transferência e de entrega. Os fluxos de transferência, mesmo com o aumento de 7% em volume em relação ao cenário anterior, tiveram queda de quase 15% nos custos e corresponderam a 42% da redução de custos do novo cenário; os fluxos de entrega apresentaram a maior economia absoluta e corresponderam a 50% da redução de custos do cenário.

Nos fluxos de exportações, praticamente não houve alterações de custos de fluxos. Nas exportações indiretas, ocorreu a adição de um fluxo entre a região do Triângulo Mineiro, Paulínia e o porto do Rio de Janeiro. Nas exportações diretas, as maiores alterações foram a diminuição de fluxos de exportação com origem em Ribeirão Preto e Araçatuba, as quais aumentaram o volume de álcool hidratado e anidro, respectivamente, destinado para o mercado interno, em função da nova distribuição de tanques de álcool instalados nas distribuidoras. As mesorregiões do Triângulo Mineiro e Araraquara aumentaram suas exportações e substituíram o menor nível de exportação de Ribeirão Preto para Santos, enquanto Bauru – SP e Presidente Prudente – SP substituíram as exportações de álcool anidro de Araçatuba – SP, com destino a Paranaguá – PR.

Em relação aos custos de armazenagem, praticamente não houve alterações. Ocorreram apenas sutis aumentos nos custos de armazenagem nas distribuidoras, provavelmente em função da maior capacidade instalada, e da redução dos custos totais de armazenagem das usinas. Os resultados detalhados do cenário 2, contendo as quantidades transportadas e armazenadas mensalmente e tipo de modal de transporte utilizado, são apresentados no ANEXO A.

Os custos dos fluxos de coleta de álcool, apesar de se manterem praticamente estáveis em termos de valor agregado, em alguns trechos se sobressaíram devido à reorganização dos tanques de armazenamento, os quais, com os investimentos criados, cresceram em 12%. As distâncias médias percorridas para coleta diminuíram em 15 km

para o álcool anidro e aumentaram em 10 km para o hidratado. Os trechos de destaque que mais aumentaram seus fluxos em valores absolutos e proporcionais foram os com destino a Limeira – SP, Sorocaba – SP, Londrina – PR, Cascavel – PR, Barra do Garças – MT, Guarapuava – PR, Araraquara – SP e Umuarama – PR. Os trechos que mais diminuíram seus fluxos, também em valores absolutos e proporcionais e que merecem destaque, foram os com destino a Paulínia – SP, Ribeirão Preto – SP, Curitiba – PR (refinaria de Araucária), Cuiabá – MT, Ourinhos – SP, Senador Canedo – GO, Presidente Prudente – SP, Belo Horizonte – MG e Camaçari – BA.

O que se pode concluir resumidamente dessas alterações é a mudança dos fluxos de distribuição de álcool entre usinas e consumidores, sem se passar pelas grandes bases de distribuição tradicionais. Estas bases não se apresentam tão apropriadas para o transporte de álcool combustível como para os demais combustíveis, assim como destacou Maligo (2005). Observa-se nessa análise que os fluxos de distribuição foram orientados para destinos intermediários entre regiões produtoras e consumidoras. Esses novos destinos mostram-se apropriados para a captação dos fluxos de transporte de coleta com preços mais competitivos em relação aos de transferências rodoviárias, além disso, se aproveitam de custos de entrega mais baixos. As distâncias médias de entrega de álcool anidro caíram quase 15% e as de álcool hidratado em 5%. Além disso, as entregas envolvendo distâncias de até 100 km aumentaram em 7 pontos percentuais em detrimento da queda em mesma intensidade das entregas entre 100 e 200 km.

É importante destacar que esses resultados de redução de custos e reorganização de fluxos aparentemente mostram-se favoráveis às iniciativas para a distribuição direta de álcool das usinas aos centros consumidores sem passar pelas bases de distribuição. Isto pode indicar que as mesmas estariam alocadas de forma inadequada para a distribuição de álcool. Tanto que os novos tanques são principalmente localizados em bases secundárias intermediárias no interior, entre produtores e consumidores, e em maior volume para o álcool hidratado, mesmo quando comparado em termos proporcionais à demanda (vide Tabela 20).

Uma importante ressalva deve ser feita aos investimentos indicados para as cidades de Araraquara e Ourinhos. Pois os investimentos nessas cidades são alocados para o atendimento do consumo local e não para os fluxos de transferências. Isso ocorre, pois uma pressuposição para essas localizações foi a de alocar a capacidade de

armazenagem dos centros coletores locais apenas para as transferências e das bases de distribuição para as transferências e fluxos de entrega locais. Logo, os investimentos alocados para o suprimento do consumo local poderiam ser eliminados caso houvesse a alocação dos centros coletores para os fluxos de entrega, já que se observam folgas na taxa de utilização dos mesmos.

Aproveitando a ressalva anterior, é relevante deixar claro que para a modelagem do problema se considerou a existência apenas dos tanques de álcool anidro e hidratado, em volumes fixos e para uso específico, nas bases de distribuição e terminais. Logo, é possível que as indicações de localizações para a construção de novos tanques, na realidade, não exijam a construção de uma nova unidade armazenadora, e sim a flexibilização do uso de um tanque para o outro tipo de álcool, ou mesmo a adaptação de tanques utilizados para outros combustíveis, existentes nas bases de distribuição e terminais, mas com utilização ociosa. Entretanto, essas possibilidades, por simplificação, não são objetos de análise deste trabalho, já que podem ser abstraídas como a construção de uma nova unidade armazenadora. A análise de tais possibilidades pode ser considerada com maiores detalhes em uma modelagem em que se privilegie o nível tático e operacional do sistema de distribuição de álcool combustível no país.

Outra ressalva deve ser indicada em relação aos fluxos de álcool anidro. Estes apesar de estarem sendo considerados independentemente são, na verdade, totalmente dependentes dos fluxos de distribuição da gasolina, fato este não considerado para a modelo e que elimina outras possíveis variáveis de decisão para o fluxo do álcool anidro. Por outro lado, pode-se justificar essa consideração baseando-se na prática de mercado que consiste em não se levar o álcool anidro para centros de mistura sem que haja necessidade. Dessa forma, essas práticas procuram realizar a minimização de custos no transporte dos combustíveis que compõem a gasolina C por meio da minimização dos custos de transporte de cada um dos combustíveis independentemente. Tanto que o procedimento padrão da BR Distribuidora é a realização da mistura do álcool anidro e gasolina A no caminhão-tanque no momento de embarque do combustível para o fluxo de entrega aos postos, conforme informações de Bassini<sup>87</sup>.

---

<sup>87</sup> BASSANI, R. Prestador de serviço de transporte de entrega de combustível associado à Cooperativa de Transporte de Petróleo e Derivados Ltda. / Paulínia – COPETRANS e que realiza serviços de entrega de combustível para a BR Distribuidora na base de Paulínia – SP. Contato telefônico em 28 dez. 2007.

Em relação aos fluxos de transferência, o grande impacto da construção dos novos tanques foi observado na sensível redução dos fluxos de transferências rodoviárias (vide Tabela 21), principalmente devido à eliminação das transferências de álcool hidratado com origem em Cuiabá, cujos fluxos de coleta foram alocados essencialmente para Barra do Garças com o objetivo de melhor atender o consumo regional. Houve também a melhor organização dos fluxos no estado do Paraná, com alguns pontos de origem em São Paulo e Mato Grosso do Sul, e com destino ao atendimento dos grandes centros consumidores do interior da região Sul.

Tabela 21 – Variação dos fluxos de transferência por modalidade de transporte e tipo de álcool em relação ao cenário 1

MODAL	VARIACÃO DO FLUXO (1000 m³)			VARIACÃO RELATIVA		
	anidro	hidratado	total geral	anidro	hidratado	total geral
cabotagem	-1	0	-1	-1%	-2%	-1%
hidroviário	8	1	10	8%	6%	8%
rodoviário	-1	-144	-144	0%	-54%	-37%
dutoviário	28	0	28	9%	0%	6%
ferroviário	179	38	217	39%	31%	37%
TOTAL GERAL	214	-105	109	20%	-19%	7%

Fonte: Resultados do trabalho.

Essas alterações na região Sul contribuíram para o melhor uso das transferências ferroviárias visando o atendimento das grandes cidades dessa região. Em relação ao cenário anterior, esse tipo de transferência cresceu em praticamente um terço. Nele observa-se o ganho de importância dos fluxos de coleta de Londrina e Maringá para suprir as transferências destinadas a Porto Alegre. O primeiro com grande impacto para o fluxo de transporte de álcool anidro e o segundo para o fluxo de álcool hidratado. A cidade de Ourinhos perde participação, com maior impacto no álcool hidratado (redução de quase 75% em relação ao cenário anterior); entretanto, diversifica seus destinos para a transferência de álcool. Há o interessante aumento do volume de álcool anidro com destino a Lages – SC e em menor intensidade, álcool hidratado para o mesmo destino além dos dois tipos de álcool para Bagé – RS. Últimos trechos ferroviários de destaque nesse cenário são: entre Ribeirão Preto e Belo Horizonte com aumento de 40% nos fluxos de álcool anidro, e entre Ribeirão Preto e Brasília, o qual passa a indicar um fluxo representativo.

Uma análise de sensibilidade das respostas desse cenário foi realizada com a consideração de uma flexibilização da restrição para a capacidade dinâmica igual a oito vezes a capacidade estática das distribuidoras, à semelhança do que foi realizado no cenário anterior. Sob essas condições, conforme apresenta a Tabela 22, o número total de localizações de novos tanques diminuiu sensivelmente, assim como seu volume total.

Tabela 22 – Localização de novos tanques, cenário 2 para taxa de giro de 8 vezes, em m<sup>3</sup>

UF	CIDADE	ANIDRO	HIDRATADO	TOTAL
SP	Limeira	2.091	7.315	9.406
SP	Sorocaba	2.012	3.956	5.968
PR	Londrina	2.562		2.562
MT	Barra do Garças		2.489	2.489
SP	Araraquara	1.000	1.487	2.487
SC	Lages	1.309	1.000	2.309
PR	Cascavel	1.095	1.000	2.095
SP	Araçatuba	1.000	1.000	2.000
PR	Umuarama	1.000	1.000	2.000
PA	Marabá	1.000		1.000
PI	Teresina	1.000		1.000
PR	Guarapuava	1.000		1.000
MS	Dourados	1.000		1.000
RS	Santa Maria	1.000		1.000
TO	Gurupi	1.000		1.000
RO	Vilhena	1.000		1.000
TOTAL		19.069	19.247	38.316

Fonte: Resultados do trabalho.

Comparando as Tabela 20 e Tabela 22 nota-se que a maioria das localizações da primeira tabela cuja instalação de novos tanques não são confirmadas na segunda, referem-se a cidades próximas a grandes regiões metropolitanas ou a importantes centros produtores e consumidores com alta capacidade de tancagem de distribuidoras e terminais. Baseando a análise em informações de taxas de giros médias do mercado, se observa que em tais localizações, as taxas de giro são realmente maiores. Logo, os fluxos de transporte realmente poderão ser alcançados com o aumento de produtividade de uso dos tanques, sem a necessidade de construção de novas estruturas.

Outra análise da robustez das localizações das respostas é obtida com uma consideração de descontos de 20% nos preços dos fretes de transferência para esse mesmo cenário. Sob essas condições, as cidades de São João da Boa Vista – SP,

Ribeirão Preto – SP, Tubarão – SC, Presidente Prudente – SP e Passo Fundo – RS passam a ser novas localizações além das indicadas na Tabela 20 para a instalação de tanques de álcool. Já a cidade de Jequié – BA é a única localização que deixa de ser recomendada para instalação de novos tanques. Nesse caso, os pontos intermediários entre regiões produtoras e consumidoras passam a ter uma menor importância e há intensificação da lógica de concentração de carga na origem, fluxo de transferência, distribuição de carga no destino. Tanto que os fluxos de transferência praticamente dobram e passam a representar 23% do total de álcool movimentado, como reflexo do sensível aumento das transferências ferroviárias, principalmente de álcool hidratado, seguido pelo aumento das transferências rodoviárias de uma forma geral e das transferências dutoviárias, também basicamente de álcool hidratado.

As regiões de origem dos fluxos ferroviários e dutoviários são novamente as mesmas das simulações anteriores. Entre elas, destaca-se Ribeirão Preto, tanto que foi escolhida como uma possível nova localização para investimentos em tanques de álcool anidro devido às oportunidades de novos fluxos de transferências com origem na região. São João da Boa Vista também foi escolhida como nova localização para investimentos, em função principalmente de substituir Ribeirão Preto como provedora de álcool hidratado para a região Sul e Sudoeste de Minas Gerais. Presidente Prudente foi outra localização escolhida, em essência, em função da competitividade dos seus custos de transferência rodoviária para região Sul. Tanto que a cidade chega a suprir diretamente com álcool anidro as cidades de Passo Fundo e Tubarão, duas outras novas localizações para investimentos, localizadas em pontos em que os fretes de entrega são minimizados.

Em relação aos fluxos de transferência rodoviária, chama a atenção os aumentos nos fluxos de álcool hidratado principalmente no Mato Grosso, em Cuiabá com destino a Brasília e em Sinop com destino à região Norte (Marabá e Santarém, no Pará, e Gurupi no Tocantins). Essas transferências podem indicar, pelo menos, preliminarmente, o potencial desse estado para o suprimento apropriado das regiões de consumo marginais de álcool hidratado, tal como a região Norte.

Realizando a análise de sensibilidade com desconto de 20% nos fretes de transferência mais o aumento da taxa de giro das distribuidoras para oito vezes a sua capacidade estática, obteve-se as localizações indicadas na Tabela 23.

Tabela 23 – Localização de novos tanques, cenário 2 para taxas de giro de oito vezes e taxas de desconto de 20% nos fretes transferências, em m<sup>3</sup>

UF	CIDADE	ANIDRO	HIDRATADO	TOTAL
SP	Limeira	2.091	7.053	9.145
SP	Sorocaba	2.012	3.956	5.968
SP	Araraquara	1.000	1.487	2.487
PR	Londrina	2.158		2.158
PR	Umuarama	1.156	1.000	2.156
SC	Lages	1.000	1.000	2.000
SP	Araçatuba	1.000	1.000	2.000
MT	Sinop	1.000	1.000	2.000
PA	Marabá	1.000		1.000
RS	Santa Maria	1.000		1.000
RO	Vilhena	1.000		1.000
MG	Governador Valadares	1.000		1.000
MG	Montes Claros	1.000		1.000
SP	São João da Boa Vista	1.000		1.000
PR	Cascavel		1.000	1.000
PR	Maringá		1.000	1.000
SC	Tubarão	1.000		1.000
MS	Dourados	1.000		1.000
PR	Guarapuava	1.000		1.000
TO	Gurupi	1.000		1.000
PI	Teresina	1.000		1.000
<b>TOTAL</b>		<b>22.418</b>	<b>18.496</b>	<b>40.914</b>

Fonte: Resultados do trabalho.

Em relação ao cenário 2 original, assim como na simulação com capacidade dinâmica de oito vezes a capacidade estática, são eliminados os investimentos em cidades próximas a grandes regiões metropolitanas ou a importantes centros produtores e consumidores com alta capacidade de tancagem de distribuidoras e terminais. Além disso, há sensível redução nos investimentos para a construção de novos tanques. À semelhança do cenário com fretes de transferências mais baratos identificam-se investimentos para as cidades de São João da Boa Vista e de Tubarão. Estes investimentos, no entanto, devem ser vistos com cautela, pois representam localizações marginais, próximas a grandes centros consumidores e que podem estar com respostas influenciadas por erros de agregação dos dados e pela própria simplificação do problema.

### 5.3 Comparação entre cenários 1 e 2

O Quadro 8 sintetiza as mudanças ocorridas entre o cenário 1 básico e o cenário 2 básico em função da instalação dos novos tanques de álcool anidro. E o Quadro 9 sintetiza os comentários sobre as alterações entre os dois cenários para o álcool hidratado. Como padrão de resposta se observa o fluxo da produção das regiões com excedente de produção para bases de distribuição em destinos intermediários entre os grandes centros consumidores. Além disso, se observa a concentração de novas bases em locais no interior do país (próximos aos centros de produção) e nos centros fora das grandes capitais. Isso é um próprio reflexo da competitividade do consumo de álcool nesses locais, onde o preço do álcool hidratado tende a ser mais competitivo que a gasolina.

(continua)

CÓDIGO	UF	BASE	COMENTÁRIOS
1100205	RO	Porto Velho	Perde mercado do Leste de RO para Vilhena.
1100304	RO	Vilhena	Constrói tanques para melhor atender consumo local, substituindo Porto Velho.
1504208	PA	Marabá	Constrói tanques para atender mercado regional, substituindo Açailândia e Belém.
1506807	PA	Santarém	Perde mercado de Macapá.
1600303	AP	Macapá	Constrói tanques para atender todo AP, substituindo entregas de Santarém e Belém.
1709500	TO	Gurupi	Constrói tanques para melhor atender consumo local, substituindo Brasília e Açailândia.
2100055	MA	Açailândia	Perde mercado para Marabá no PA, para Gurupi no TO e Teresina no centro e leste do MA.
2111300	MA	São Luís	Perde mercado regional para Teresina.
2211001	PI	Teresina	Constrói tanques para ganhar mercado regional, substituindo diversas bases próximas.
2304400	CE	Fortaleza	Perde espaço para Teresina e Juazeiro do Norte.
2307304	CE	Juazeiro do Norte	Constrói tanques devido a pequenos aumentos de competitividade em diversas regiões vizinhas.
2407203	RN	Macau	Perde mercado para Juazeiro do Norte e Natal.
2408102	RN	Natal	Constrói tanques para suprir mercado local e competir com Macau no oeste potiguar.
2507507	PB	João Pessoa	Perde competitividade regional para Natal e Juazeiro do Norte.
2704302	AL	Maceió	Perde espaço regional para Laranjeiras.
2803609	SE	Laranjeiras	Constrói tanques para atender mercado local e regional, substituindo Camaçari e Maceió.
2905701	BA	Camaçari	Perde mercado regional para Laranjeiras.
2918001	BA	Jequié	Perde espaço regional para Montes Claros.
2918407	BA	Juazeiro	Perde mercado para Teresina e Juazeiro do Norte.
3127701	MG	Governador Valadares	Constrói tanques para substituir BH no suprimento do consumo local.
3143302	MG	Montes Claros	Constrói tanques para substituir BH no suprimento do mercado local e competir com Jequié no sul da BA no início da safra do centro-sul.
3170107	MG	Uberaba	Perde espaço nas transferências rodoviárias.
3170206	MG	Uberlândia	Perde mercado para Brasília no Noroeste de MG e aumenta participação na região central mineira.
3301009	RJ	Campos dos Goytacazes	Constrói tanques para atender sul do ES, substituindo Vitória.

Quadro 8 – Resumo das principais alterações que ocorrem do cenário 1 para o cenário 2 nas bases de álcool anidro

Fonte: Resultados do trabalho.

(conclusão)

CÓDIGO	UF	BASE	COMENTÁRIOS
3502101	SP	Andradina	Perde competitividade na coleta no leste do MS para Cascavel e nos mercados de Araçatuba e noroeste do PR para as bases locais.
3502804	SP	Araçatuba	Constrói tanques para atender mercado local e Marília, substituindo Andradina e São José do Rio Preto.
3503208	SP	Araraquara	Constrói tanques para substituir Ribeirão Preto no suprimento de consumo local.
3506003	SP	Bauru	Perde competitividade nas transferências rodoviárias.
3526902	SP	Limeira	Constrói tanques devido ao ganho de mercado em Campinas, Piracicaba e sul de MG.
3534401	SP	Osasco	Perde espaço para São Paulo na capital e para Sorocaba no litoral sul paulista.
3534708	SP	Ourinhos	Perde competitividade no PR para Londrina e Guarapuava.
3541406	SP	Presidente Prudente	Perde competitividade nas transferências rodoviárias para Umuarama e Cascavel e os mercados de Marília e Assis para Araçatuba e Ourinhos, respectivamente.
3549805	SP	São José do Rio Preto	Perde mercado de Marília para Araçatuba e de Araraquara para a mesma.
3550308	SP	São Paulo	Ganha consumo local de Guarulhos e Osasco.
3552205	SP	Sorocaba	Constrói tanques para suprir mercados do litoral sul paulista, Itapetininga e macro-região paulista substituindo Osasco, Ourinhos e Paulínia, respectivamente. É suprido por Bauru.
3552403	SP	Paulínia	Perde mercado de Piracicaba e Campinas para Limeira e da macro-região paulista para Sorocaba.
4104808	PR	Cascavel	Constrói tanques para atender oeste do PR e RS. Se beneficia da coleta do leste e sul do MS transferidas para o RS.
4106902	PR	Araucária	Perde espaços para Lages em Serrana e Guarapuava no oeste catarinense.
4109401	PR	Guarapuava	Constrói tanques para atender mercado regional (sudeste PR, oeste SC e centro-sul PR) substituindo Ourinhos, Araucária, Londrina e Maringá.
4113700	PR	Londrina	Constrói tanques para atender mercado local e transferências para Porto Alegre.
4115200	PR	Maringá	Perde competitividade no PR para Umuarama, Cascavel e Londrina.
4128104	PR	Umuarama	Constrói tanques para atender consumo regional substituindo Maringá e Andradina.
4205407	SC	Florianópolis	Perde mercado na região sul de SC para Lages.
4208203	SC	Itajaí	Perde espaço regional para Lages.
4209102	SC	Joinville	Perde competitividade para Lages.
4209300	SC	Lages	Constrói tanques para atender mercado local substituindo Araucária. No mercado regional ganha espaço sobre Itajaí, Porto Alegre, Joinville, Florianópolis e Tubarão.
4218707	SC	Tubarão	Perde todo mercado local para Lages.
4310207	RS	Ijuí	Perde espaço regional para Santa Maria e Cascavel.
4311403	RS	Lajeado	Constrói tanques para melhor atender região centro ocidental do RS substituindo Santa Maria.
4314902	RS	Porto Alegre	Perde mercados regionais pontuais para Lajeado, Lages e Santa Maria.
4315602	RS	Rio Grande	Perde espaço no mercado local para Porto Alegre.
4316907	RS	Santa Maria	Constrói tanques para atender o consumo local ,substituindo Ijuí. Suprido por bases do PR.
5002704	MS	Campo Grande	Perde espaço regional para Dourados.
5003702	MS	Dourados	Constrói tanques para melhor atender consumo local substituindo Campo Grande.
5100607	MT	Alto Taquari	Perde mercado no centro do MS para Campo Grande, que utiliza sua capacidade ociosa devido à perda de mercado no sudoeste do MS para Dourados.
5107909	MT	Sinop	Constrói tanques para melhor atender consumo local e substituir Cuiabá nesse mercado.
5220454	GO	Senador Canedo	Perde espaço no mercado regional para Brasília.
5300108	DF	Brasília	Constrói tanques para atender mercado regional substituindo Senador Canedo e Uberlândia no norte e leste de GO e noroeste e oeste da BA.
3534708	SP	Centro Coletor de Ourinhos	Perde para Londrina mercado de transferências para Porto Alegre. Diversifica fluxos para centros menores.

Quadro 8 – Resumo das principais alterações que ocorrem do cenário 1 para o cenário 2 nas bases de álcool anidro

Fonte: Resultados do trabalho.

(continua)

CÓDIGO	UF	BASE	COMENTÁRIOS
1504208	PA	Marabá	Perde espaço de coleta no MT para Sinop e Barra do Garças.
2905701	BA	Camaçari	Perde competitividade para Jequié na coleta e transferências.
2918001	BA	Jequié	Constrói novos tanques para a ligação de transferências entre MG e Nordeste e vice-versa.
2918407	BA	Juazeiro	Ganha espaço regional devido às transferências rodoviárias com origem em GO e MG.
3106200	MG	Belo Horizonte	Perde espaço estadual para Montes Claros, Uberlândia e Governador Valadares.
3127701	MG	Governador Valadares	Constrói tanques para atender o pequeno crescimento regional sobre Belo Horizonte e Vitória.
3143302	MG	Montes Claros	Constrói tanques para atender mercado regional. Se beneficia das coletas locais e transferências rodoviárias com origem em GO.
3170107	MG	Uberaba	Constrói novos tanques para atender mercado de Ribeirão Preto que prioriza suprir a cidade de São Paulo.
3502101	SP	Andradina	Perde competitividade para Araçatuba e Presidente Prudente.
3502804	SP	Araçatuba	Constrói novos tanques e ganha mercado da sua região e Marília sobre Andradina e Presidente Prudente.
3503208	SP	Araraquara	Constrói tanques para atender consumo local com álcool de SJ do Rio Preto. A produção local segue para São Paulo e Limeira.
3518800	SP	Guarulhos	Perde espaço para São Paulo.
3526902	SP	Limeira	Constrói tanques devido ao ganho de mercado em Campinas e Piracicaba, beneficiado pela coleta de Ribeirão Preto e Araraquara. A produção local, não exportada segue para a cidade de São Paulo, Vale do Paraíba e Rio de Janeiro.
3534401	SP	Osasco	Perde mercado para São Paulo e suprimento de Assis e Araçatuba, mas passa a ser suprida por Bauru.
3534708	SP	Ourinhos	Constrói tanques para atender ganho de mercado local sobre Presidente Prudente e de Itapetininga sobre Paulínia, mas perde mercado na região sul para Londrina.
3541406	SP	Presidente Prudente	Perde espaço no mercado de Marília para Araçatuba e de Assis para Ourinhos.
3543402	SP	Ribeirão Preto	Perde espaço regional na entrega para Araraquara (passa a se suprir localmente) e Campinas, que passa a ser suprida por Limeira.
3548500	SP	Santos	Perde espaço para Sorocaba.
3549102	SP	São João da Boa Vista	Ganho espaço sobre Ribeirão no Sul de MG.
3549805	SP	São José do Rio Preto	Aumenta recebimento de transferências de Alto Taquari, para isso precisa de novos tanques.
3550308	SP	São Paulo	Constrói novos tanques devido ao ganho de mercado local sobre Guarulhos e Osasco. Origem de carga em Araraquara, Piracicaba, São José do Rio Preto e Ribeirão Preto.
3552205	SP	Sorocaba	Constrói novos tanques devido ao ganho de mercado local sobre Paulínia e no Litoral Sul sobre Osasco. É suprida por Bauru.
3552403	SP	Paulínia	Perde espaço para Limeira no mercado de Campinas e Piracicaba, e para Sorocaba no entorno de São Paulo.
4104808	PR	Cascavel	Constrói novos tanques e ganha influência regional sobre Guarapuava, aproveitando-se do excedente de produção do MS.
4106902	PR	Araucária	Pequena perda de mercado para Lages e Londrina.
4109401	PR	Guarapuava	Perde espaço regional para Cascavel.
4113700	PR	Londrina	Constrói novos tanques devido ao ganho de mercado local sobre Ourinhos. Competitividade da coleta com origem em Presidente Prudente é sua grande vantagem.

Quadro 9 – Resumo das principais alterações que ocorrem do cenário 1 para o cenário 2 nas bases de álcool hidratado

Fonte: Resultados do trabalho.

(conclusão)

CÓDIGO	UF	BASE	COMENTÁRIOS
4115200	PR	Maringá	Constrói tanques em razão do aumento das transferências para Porto Alegre, mas perde pouco do mercado local para Umuarama.
4128104	PR	Umuarama	Constrói tanques e ganha influência regional sobre Maringá e Dourados. Possui carga com origem no MS.
4209102	SC	Joinville	Perde espaço para Lages.
4209300	SC	Lages	Constrói tanques e ganha mercado regional devido às transferências rodoviárias originárias do PR e Ourinhos.
4218707	SC	Tubarão	Perde espaço para Lages.
4301602	RS	Bagé	Perde espaço para Porto Alegre e Santa Maria.
4306106	RS	Cruz Alta	Perde espaço para Santa Maria.
4310207	RS	Ijuí	Perde espaço local para Cascavel.
4311403	RS	Lajeado	Ganha mercado local em função das transferências rodoviárias com origem no PR.
4314100	RS	Passo Fundo	Perde espaço para Lages.
4314902	RS	Porto Alegre	Perde pequena competitividade no mercado local para Lajeado.
4316907	RS	Santa Maria	Constrói tanques para atender mercado regional. Se beneficia das transferências rodoviárias com origem no PR.
5002704	MS	Campo Grande	Ganha espaço regional sobre Alto Taquari.
5003702	MS	Dourados	Perde mercado de coleta para Cascavel e Umuarama no Paraná e ganha espaço local sobre Campo Grande.
5100607	MT	Alto Taquari	Perde mercado de coleta para Barra do Garças e de entregas para Campo Grande.
5101803	MT	Barra do Garças	Constrói tanques para reorganizar a distribuição regional. Excedente regional do MT é orientado para GO, cuja produção local é dirigida para DF, TO e Triângulo Mineiro.
5103403	MT	Cuiabá	Perde espaço de transferências rodoviária para Brasília.
5107909	MT	Sinop	Constrói tanques para atender mercado local e fluxos de transferências para o PA.
5220454	GO	Senador Canedo	Perde espaço estadual para Barra do Garças.
5300108	DF	Brasília	Troca coleta de MT para GO.
53534708	SP	Centro Coletor de Ourinhos	Perde espaço para o Norte do Paraná no mercado de Porto Alegre.

### Quadro 9 – Resumo das principais alterações que ocorrem do cenário 1 para o cenário 2 nas bases de álcool hidratado

Fonte: Resultados do trabalho.

As repostas da localização dos novos tanques de álcool anidro, apesar de indicarem grande tendência de aumento de desconcentração das bases de distribuição no sentido do interior e regiões mais apropriadas para captação e entrega de álcool, devem ser analisadas com cautela. Uma vez que os fluxos de gasolina são de grande importância para essas repostas e a impressão geral é que essas localizações não são, em geral, tão apropriadas para fluxos de gasolina como indicam ser para o álcool anidro.

Considerando os comentários dos Quadro 8 e 9, a infra-estrutura de transportes para a distribuição de combustíveis (vide Figura 11), as taxas de utilização dos novos tanques (vide ANEXO A) e as eventuais distorções de repostas em função da agregação de dados e simplificação da modelagem, as soluções mais robustas para a localização de novos investimentos em tanques de álcool combustível estão ilustradas na Figura 18

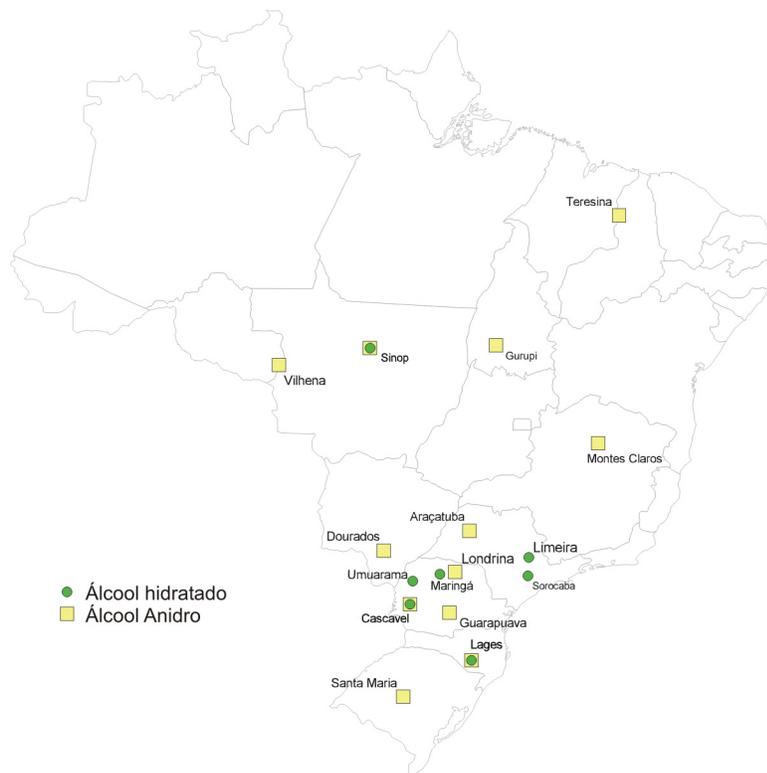


Figura 18 – Localizações de tanques de álcool combustível indicadas, por tipo

Fonte: Resultados do trabalho

Como indicado na Figura 18, as localizações mais robustas para novos investimentos em tanques de álcool hidratado estão todas localizadas em regiões de bases, já que as usinas estão bem servidas nessa questão. Para o álcool hidratado há a indicação das cidades de Cascavel, Umuarama, Maringá, Lages, Sinop, Limeira e Sorocaba. Para o caso do álcool anidro, as localizações mais robustas são: Londrina, Cascavel, Guarapuava, Lajes, Santa Maria, Araçatuba, Sinop, Vilhena, Montes Claros, Dourados, Gurupi e Teresina. Essas cidades, sem dúvida, merecem uma análise mais detalhada sobre seu potencial de utilização.

As cidades com maior destaque nas repostas de álcool anidro, como Limeira e Sorocaba, podem ser indicações interessantes, principalmente para pequenas distribuidoras. Entretanto, por estarem muito próximas a grandes bases e infra-estrutura de distribuição de combustíveis, parecem menos prováveis para o estabelecimento de investimentos de grande magnitude. Por outro lado, uma grande força da indicação dessas cidades é a verificação das localizações inapropriadas das bases de distribuição de combustíveis existentes para a distribuição de álcool combustível.

## 6 CONCLUSÕES

No atual ambiente de expansão do mercado de álcool combustível brasileiro se faz oportuna a elaboração de um modelo matemático de otimização que possa representar o comportamento, sob o ponto de vista de custos logísticos, do mercado de distribuição desse combustível no país. Nesse modelo, se procura identificar, em nível estratégico, localizações ideais para estruturas de distribuição e armazenamento desse combustível.

Pode-se contribuir preliminarmente com a criação de uma ferramenta e indicadores simples, os quais podem eventualmente ser utilizados em projetos no setor sucroalcooleiro e de distribuição de álcool, para políticas públicas e setoriais, bem como para novas oportunidades de negócio para o setor privado.

O modelo matemático proposto foi desenvolvido utilizando-se a programação inteira-mista e baseado em uma abordagem de natureza dinâmica dos meses do ano-safra canavieira 2006/2007 na qual se incorpora a sazonalidades de produção, demanda e estoques do álcool. Foram também considerados os custos de construção de novos tanques para se determinar os investimentos e se enfatizou o problema de transporte para a minimização dos custos logísticos. Essa escolha foi feita dadas as informações mais concretas sobre os dados de transporte, limitações de informações obtidas sobre a estrutura de custos de distribuição de álcool no Brasil e por se pautar nesse trabalho pela simplificação do nível de complexidade computacional exigido.

Para a determinação do potencial do local de instalação, foi realizada a simulação de dois cenários do mercado de álcool combustível, nos quais foram feitas análise de sensibilidade dos custos de fretes de transferências e da capacidade dinâmica de armazenagem das distribuidoras.

Destaca-se que os resultados do trabalho estão sujeitos às simplificações de modelagem da programação linear inteira-mista e da agregação e estimação necessária para o tratamento simplificado de um grande volume de dados. Dados esses que contam ainda com a característica de serem de difícil acesso e imprecisos, já que poucos são os trabalhos científicos sobre a logística do álcool brasileiro e sua modelagem comportamental. Além disso, muitos dados de custos, produção e demanda são confidenciais e as estatísticas oficiais claramente ainda contam com problemas de precisão, possivelmente devido a fraudes do setor.

Destaca-se ainda que muitos dos dados de distâncias e custos utilizados foram estimados a partir de pequeno número de informações e a representação de modalidades de transporte foi simplificada. Houve a simplificação na limitação de possibilidade de fluxos de forma a representar o comportamento dos fluxos de entrega das distribuidoras, já que a questão da negociação de preços de álcool entre usinas e distribuidoras não foi detalhada no problema.

A síntese dos resultados dos dois cenários simulados neste trabalho dá conta da identificação de distribuição espacial pouco apropriada das bases de distribuição de álcool no país. Além disso, indica que a armazenagem de álcool no país é feita praticamente única e exclusivamente pelas usinas produtoras. Destacam-se também os baixos níveis de fretes de transferência em função das limitações de infra-estrutura de distribuição de álcool. As principais localizações de novos tanques são no interior da região Centro-Sul, destinos que se mostram apropriados para a captação de álcool a custos de transporte de coleta e de entrega mais competitivos. Um sinal do próprio reflexo da competitividade do consumo de álcool nesses locais, onde o preço do álcool hidratado tende a ser mais competitivo que a gasolina.

As soluções mais robustas para a localização de novos investimentos dos tanques de álcool estão todas localizadas em regiões de bases, já que as usinas estão bem servidas nessa questão.

Para o álcool hidratado há a indicação das cidades de: Cascavel – PR, Umuarama – PR, Maringá – PR, Lages – SC, Sinop – MT, Limeira – SP e Sorocaba – SP. Para o caso do álcool anidro, as localizações mais robustas incluem as cidades de: Londrina – PR, Cascavel – PR, Guarapuava – PR, Lajes – SC, Santa Maria –RS, Araçatuba – SP, Sinop – MT, Vilhena – RO, Montes Claros – MT, Dourados – MS, Gurupi – TO e Teresina – PI. Essas cidades devem merecer uma análise mais detalhada sobre seu potencial de utilização, em trabalhos futuros correlatos que venham a ser realizados.

As cidades com maior destaque nas repostas de álcool anidro, como Limeira – SP e Sorocaba – SP, não são indicações robustas, já que se localizam muito próximas a grandes bases e infra-estrutura de distribuição de combustíveis. No entanto, possuem a força de destacar as localizações inapropriadas das bases das distribuidoras para a distribuição de álcool combustível. E, portanto, mostram-se favoráveis às iniciativas para a distribuição direta de álcool das usinas aos centros consumidores, sem passarem pelas

bases de distribuição. Essa é uma alternativa que merece ser mais intensivamente analisada.

Algumas sugestões para trabalhos futuros podem envolver a continuidade, de forma mais extensiva, das simulações de cenários para o modelo proposto neste trabalho, incluindo a avaliação de viabilidade dos novos investimentos de infra-estrutura para transporte de álcool em projeto e execução atualmente. Além disso, muito pode ser ainda acrescentado para o desenvolvimento da modelagem proposta e da qualidade de dados utilizados.

Em relação aos dados existe extenso espaço para o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa sobre informações referentes ao setor sucroalcooleiro, de distribuição de combustíveis e de infra-estrutura de transporte e armazenagem de combustíveis no país. Uma vez que se identificou uma série de dificuldades quanto à sua definição, catalogação e estimação.

Algumas sugestões para o desenvolvimento da modelagem poderiam seguir diferentes linhas. A primeira enfatizaria a simplificação e desenvolvimento de extensiva análise de sensibilidade das respostas. Já a segunda seria pautada no desenvolvimento de um melhor detalhamento sobre usinas e distribuidoras, tratamento e previsão de níveis de erros, inclusão de custos e programação de níveis de estoques, de economias de escala, assim como o uso e comparação de resultados de outras técnicas de modelagem não estudadas nesse trabalho.

Neste sentido, fica a recomendação do uso de Sistemas de Informação Geográfica – SIG. Uma importante técnica que não pôde ser utilizada, mas que pode vir a contribuir com a representação mais didática e detalhada dos resultados de problemas de natureza semelhante ao tratado neste trabalho.



## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA ESTADO. **Consumo de álcool no mercado formal sobe 82% no ano**. São Paulo, 12 nov. 2007. Disponível em: <[http://www.canaoeste.com.br/principal.php?xvr=ver\\_np\\_ind&xid\\_noticia483](http://www.canaoeste.com.br/principal.php?xvr=ver_np_ind&xid_noticia483)>. Acesso em: 2 fev. 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Relatório de gestão 2005**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/doc/conheca/Relatorio\\_de\\_Gestao\\_ANP\\_2005.pdf](http://www.anp.gov.br/doc/conheca/Relatorio_de_Gestao_ANP_2005.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2006.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Estruturas de formação dos preços**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/petro/estrutura\\_precos.asp](http://www.anp.gov.br/petro/estrutura_precos.asp)>. Acesso em: 11 nov. 2006.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Vendas, pelas distribuidoras, dos derivados combustíveis de petróleo**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/doc/dados\\_estatisticos.asp/Vendas\\_de\\_Combustiveis\\_m3.xls](http://www.anp.gov.br/doc/dados_estatisticos.asp/Vendas_de_Combustiveis_m3.xls)>. Acesso em: 28 nov. 2007a.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Relação de Distribuidoras Autorizadas até o mês de novembro/2007**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/petro/liquidos.asp>>. Acesso em: 29 nov. 2007b.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Anuário Estatístico 2007**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/conheca/anuario\\_2007.asp](http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2007.asp)>. Acesso em: 2 dez. 2007c.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Produção de derivados de petróleo por refinaria e produto**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/petro/refino\\_dados.asp](http://www.anp.gov.br/petro/refino_dados.asp)>. Acesso em: 8 dez. 2007d.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Autorizações de operação concedidas a terminais**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/petro/movimentacao.asp>>. Acesso em: 1 out. 2007e.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. **Navegação interior**. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/NovositeAntaq/competenciasinterior.asp#>>>. Acesso em: 28 dez. 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Relatório anual de acompanhamento das concessões ferroviárias ano 2006**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/relatorios/ferroviario/concessionarias2006/index.asp>>. Acesso em: 28 dez. 2007a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Concessões ferroviárias – Tarifas**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/concessaofer/concessionariasfer.asp>>. Acesso em: 1 out. 2007b.

ALAMO, J.A.T; BRINATI, M.A. Modelagem para localização de hubs no transporte de encomendas expressas. **Produção**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 470-480, set./dez. 2006

ANSELMÍ, R. Gargalo do duto do álcool poderia cair? **Jornal da Cana**, Ribeirão Preto, ago. 2006a. *Logística & Transportes*, p. 76.

ANSELMÍ, R. Estocagem do álcool evitaria arranhões na imagem do setor. **Jornal da Cana**, Ribeirão Preto, jul. 2006b. *Logística & Transportes*, p. 60.

ARAÚJO, S.S. **Dimensionamento de Tancagem de Combustível em Bases Secundárias – Decisões de Investimento para Superar Ineficiências do Sistema de Transporte Ferroviário**. 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ARRAES, M. **The Brazilian Experience with Biofuels**. In: USA/Brazil Webinar: "Renewable/Alternative Fuels in the Transportation Sector", 18 Jun. 2007, Brasília. Piracicaba: ESALQ, 2007. Palestra on-line.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Tabela 11 – Vendas Atacado Mercado Interno por Tipo e Combustível - 2007**. Disponível em: <[http://www.anfavea.com.br/tabelas/autoveiculos/tabela11\\_vendas.xls](http://www.anfavea.com.br/tabelas/autoveiculos/tabela11_vendas.xls)>. Acesso em: 10 fev. 2008a.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Tabela 10 – Produção de Autoveículos por Tipo e Combustível – 2007**. Disponível em: <[http://www.anfavea.com.br/tabelas/autoveiculos/tabela10\\_producao.xls](http://www.anfavea.com.br/tabelas/autoveiculos/tabela10_producao.xls)>. Acesso em: 10 fev. 2008b.

BACCHI, M.R.P. Formação de preços no setor sucroalcooleiro da região centro-sul do Brasil: relação com o mercado de combustíveis fóssil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 33., 2005, Natal. **Anais eletrônicos...** São Paulo: ANPEC, 2005. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2005/artigos/A05A143.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2006.

BACCHI, M.R.P. O preço do álcool hidratado na bomba. **Gazeta Mercantil**, Brasília, 24 jan. 2006a. Caderno A, p. 3.

BACCHI, M.R.P. Estoques reguladores de álcool. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 20 abr. 2006b. Caderno B, p. 2.

BACCHI, M.R.P. A indústria canavieira do Brasil em clima otimista. **Futuros Agronegócios**. São Paulo, v. 4, n. 42, p. 22-25, jul. 2006c.

BALLOU, R.H. Dynamic warehouse location analysis. **Journal of Marketing Research**, Chicago, v. 5, n. 3, p. 271-276, Ago. 1968.

BARROS, G.S.A. de C. **Economia da comercialização agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 227 p.

BAUMOL, W.J.; WOLFE, P. A Warehouse Location Problem. **Operations Research**, Cambridge, v. 6, n. 2, p. 252-263, Mar./Apr. 1958.

BENDERS, J.F. Partitioning procedures for solving mixed-variables programming problems. **Numerische Mathematik**, Berlin, v. 4, n. 1, p. 238–252, Dec. 1962.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. Tradução de A.F. Neves, P.F. Fleury e C. Lavallo (Coord.). São Paulo: Editora Atlas, 2001. 594 p.

BRAGATO, I.R.; MARJOTTA-MAISTRO, M.C. **Corante no anidro combustível: aumento da credibilidade do produto**. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea\\_corante\\_alcool.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_corante_alcool.pdf)>. Acesso em: 3 out. 2006.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Portaria nº 116, de 5 de julho de 2000. Regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/doc/legislacao/P1162000.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool. Resolução n. 24, de 12 de setembro de 2002a. Institui o Programa de Financiamento de Estocagem de Alcool Etílico Combustível e autoriza sua implementação. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2165>>. Acesso em: 4 out. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool. Resolução nº 25, de 18 de outubro de 2002b. Altera Normas do Programa de Financiamento de Estocagem de Alcool Etílico Combustível. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=339>>. Acesso em: 4 out. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool. Resolução nº 29, de 27 de maio de 2003a. Programa de Financiamento de Estocagem de Alcool Etílico Combustível - Safra 2003/2004. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2164>>. Acesso em: 4 out. 2006.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Relatório Final da Comissão Parlamentar de Inquérito com a finalidade de investigar operações no setor de combustíveis relacionadas com a sonegação dos tributos, máfia, adulteração e suposta indústria de liminares**. 26 de outubro de 2003b. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/193481.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool. Resolução nº 32, de 20 de maio de 2004. Programa de Financiamento de Estocagem de Alcool Etílico Combustível – Safra 2004/2005. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7577>>. Acesso em: 4 out. 2006.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 36, de 6 de dezembro de 2005a. Dispõe sobre as especificações do Álcool Etílico Anidro Combustível (AEAC) e do Álcool Etílico Hidratado Combustível (AEHC) comercializados pelos diversos agentes econômicos em todo o território nacional. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/petro/legis\\_abastecimento.asp](http://www.anp.gov.br/petro/legis_abastecimento.asp)>. Acesso em: 7 nov. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool. Resolução nº 33, de 10 de maio de 2005b. Programa de Financiamento de Estocagem de Álcool Etílico Combustível – Safra 2005/2006. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=11970>>. Acesso em: 4 out. 2006.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 5, de 13 de fevereiro de 2006. Dispõe sobre os requisitos para cadastramento de fornecedor, comercialização e envio de dados de álcool etílico combustível para fins automotivos. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/petro/legis\\_abastecimento.asp](http://www.anp.gov.br/petro/legis_abastecimento.asp)>. Acesso em: 7 nov. 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2007**: ano base 2006. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageld=14131](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageld=14131)>. Acesso em: 2 dez. 2007a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. **ALICE-WEB**: Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 28 nov. 2007b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relação das Unidades Produtoras Cadastradas no Departamento da Cana-de-açúcar e Agroenergia**: Posição 20-10-2007. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS\\_DESTILARIAS/USINAS\\_CADASTRADAS/UPS\\_22\\_11\\_2007\\_0.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS_DESTILARIAS/USINAS_CADASTRADAS/UPS_22_11_2007_0.PDF)>. Acesso em: 29 nov. 2007c.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção brasileira de álcool**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/PRODUCAO/PROD\\_ALCOOL\\_BRASIL\\_TIPO\\_0.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/PRODUCAO/PROD_ALCOOL_BRASIL_TIPO_0.PDF)>. Acesso em: 7 fev. 2008a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção de álcool Região Centro-Sul**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/PRODUCAO/PROD\\_ALCOOL\\_CS.PD](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/PRODUCAO/PROD_ALCOOL_CS.PD)>. Acesso em: 7 fev. 2008b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção de álcool Região Norte e Nordeste**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/PRODUCAO/PROD\\_ALCOOL\\_NE.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/PRODUCAO/PROD_ALCOOL_NE.PDF)>. Acesso em: 7 fev. 2008c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. **ALICE-WEB**: Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 7 fev. 2008d.

CAIXETA-FILHO, J.V. **Pesquisa operacional**: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 169 p.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Indicador semanal do álcool CEPEA / ESALQ – São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/alcool/>>. Acesso em: 29 nov. 2006.

COLIN, E.C.; CIPPARRONE, F.A.M.; SHIMIZU, T. Otimização do custo de transporte na distribuição–armazenagem de açúcar. **Produção**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 23–30, 1999.

COMPANHIA DE DOCAS DO PARÁ – CDP. **Informações Operacionais**. Disponível em: <[http://www.cdp.com.br/tarifa\\_portuaria.aspx](http://www.cdp.com.br/tarifa_portuaria.aspx)>. Acesso em: 29 dez. 2007.

COMPANHIA FERROVIÁRIA DA NORDESTE – CFN. Parceria aumenta transporte de álcool. **Notícias CFN**: 29 abr. 2005. Disponível em: <<http://www.cfn.com.br/noticias.htm>>. Acesso em: 23 dez. 2007.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA – CNPE. **Estudo preliminar sobre estoques estratégicos de combustíveis**. Brasília: Comitê Técnico 6: Importação de energéticos e Sistema Nacional de Estoques de Combustíveis, fev. 2001. 49 p.

CROXTON, K.L.; ZINN, W. Inventory considerations in network design. **Journal of Business Logistics**, Columbus, v. 26, n. 1, p. 149-168, 2005. Disponível em: <[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_qa3705/is\\_200501/ai\\_n13632942/pg\\_1](http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3705/is_200501/ai_n13632942/pg_1)>. Acesso em: 18 dez. 2007.

CUNHA, F. **Logística atual de transporte das distribuidoras e a infra-estrutura para a exportação de álcool**. In: SEMINÁRIO ÁLCOOL: POTENCIAL GERADOR DE DIVISAS E EMPREGOS DO BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES, ago. 2003, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.federativo.bndes.gov.br/conhecimento/seminario/alcool8.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2007.

DUBKE, A.F. **Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja**. 2006. 177 p. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

DUMIT, C. **O transporte ferroviário de carga no Brasil: Estudo de caso do transporte de combustíveis na região Sul**. 2005. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

ELOBEID, A.; TOKGOZ, S. **Removal of U.S. ethanol domestic and trade distortions: impact on U.S. and Brazilian ethanol markets.** (Working Paper 06-WP 427), Ames: Iowa State University, Center for Agricultural and Rural Development, Oct. 2006. Disponível em: <[www.econ.iastate.edu/research/webpapers/paper\\_12652.pdf](http://www.econ.iastate.edu/research/webpapers/paper_12652.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2007.

FELDMAN, E.; LEHRER, F.A.; RAY, T.L. Warehouse location under continuous economies of scale. **Management Science**, Linthicum, v. 12, n. 9, p. 670-684, May 1966.

FERNANDES, E. Estudo mostra aumento do lucro de distribuidor de álcool. **Agência Câmara**, Brasília, 16 ago. 2007. Disponível em: <[http://www2.camara.gov.br/internet/ho\\_meagencia/materias.html?pk=108201](http://www2.camara.gov.br/internet/ho_meagencia/materias.html?pk=108201)>. Acesso em: 7 nov. 2007

FERRARI, R.C. **Utilização de modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no Estado do Mato Grosso.** 2006. 185 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

FIGUEIREDO, R. **Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira.** Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Logística – CEL/Coppead, 2006. Disponível em: <[http://joomla.coppead.ufrj.br/port/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=56&Itemid=204](http://joomla.coppead.ufrj.br/port/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=56&Itemid=204)>. Acesso em: 30 nov. 2006.

**FOLHA DA REGIÃO. Transporte de açúcar por ferrovia.** Araçatuba, 28 set. 2007. Disponível em: <<http://www.grupotoledo.com.br/noticias/?vCod=1115>>. Acesso em: 24 dez. 2007.

FLEURY, P.F. Planejamento integrado do sistema logístico de distribuição de combustíveis. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS, 4., 2005, Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos...**Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo – IBP, 2005. Palestra 1 CD-ROM.

FLORES, R.M.G. Logística de Exportação de Álcool. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS, 4., 2005, Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos...**Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo – IBP, 2005. Palestra 1 CD-ROM.

FRANCIS, R.L.; LOWE, T.J.; TAMIR, A. Aggregation error bounds for a class of location models. **Operations Research**, Cambridge, v. 48, n. 2, p. 294-307, Mar./Apr. 2000.

GAZETA MERCANTIL. **Usinas buscam alternativas ao modal rodoviário.** 29 out. 2007. Disponível em: <<http://www.gazetamercantil.com.br>>. Acesso em: 24 dez. 2007a.

GAZETA MERCANTIL. **Petrobrás faz parceria com Camargo Corrêa em projeto de alcoolduto.** 29 ago. 2007. Disponível em: <<http://www.gazetamercantil.com.br>>. Acesso em: 29 ago. 2007b.

GIANNETTI, F. Indústrias de cana querem imposto recolhido nas usinas. [Entrevista a Rádio Câmara]. Brasília, 16 ago. 2007. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/ho-meagencia/materias.html?pk=108200>>. Acesso: em 7 nov. 2007.

HAMAD, R. **Modelo para localização de instalações em escala global envolvendo vários elos da cadeia logística**. 2006. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HILGER, D.A.; McCARL, B.A.; UHRIG, J.W. Facilities location: the case of grain subterminals. **American Journal of Agricultural Economics**, Malden, v. 59, n. 4/5, p. 674-682, Nov. 1977.

IBOPE SOLUTION. **Projeto Flex – 2006**. Pesquisa encomendada pela UNICA, com o objetivo de avaliar a imagem que o consumidor brasileiro tem dos automóveis com motor flexível, a motivação à compra e tendências de consumo, set. 2006. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=refer%EAncia&SubSecao=publica%E7%F5es&SubSubSecao=relat%F3rios%20t%E9cnicos>>. Acesso em: 17 nov. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **IPEADATA**: financeiras. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em 7 nov.: 2007.

JANK, M.S. **A relação do setor sucroalcooleiro com o meio ambiente**. In: FEIRA INTERNACIONAL DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA, FENASUCRO-AGROCANA, 14., 17 set. 2007a, Sertãozinho. Palestra. Sertãozinho: Prefeitura Municipal. 2007.

JANK, M.S. **Perspectivas do açúcar, do etanol e da bioeletricidade: a agenda da UNICA**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL E MOSTRA DE TECNOLOGIA DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA, 5., 20 jul. 2007b, Piracicaba. Piracicaba: Prefeitura Municipal. 2007. Palestra.

JAYARAMAN, V. Transportation, facility location and inventory issues in distribution network design. **International Journal of Operations & Production Management**, Bradford, v. 18, n. 5, p. 471-494, May 1998.

JORNAL DA CANA. Alckmin quer transformar Porto de São Sebastião em exportador de álcool. Ribeirão Preto, dez. 2005. *Logística & Transportes*, p. 65.

JORNAL DA TRANSPETRO. Rio de Janeiro: TRANSPETRO, v. 5, n. 71, out. 2007a. 24 p.

JORNAL DA TRANSPETRO. Rio de Janeiro: TRANSPETRO, v. 5, n. 67, jun. 2007b. 16 p.

JORNAL DA TRANSPETRO. Rio de Janeiro: TRANSPETRO, v. 5, n. 63, mar. 2007c. 12p.

KILMER, R.L.; SPREEN, T.; TILLEY, D.S. A Dynamic plant location model: the east florida fresh citrus packing industry. **American Journal of Agricultural Economics**, Milwaukee, v. 65, n. 4. p. 730-737, Nov. 1983.

KING, G.A.; LOGAN, S.H. Optimum location, number and size of processing plants with raw product and final product shipments. **Journal of Farm Economics**, Columbus, v. 46, n. 1, p. 94-108, Feb. 1964.

KAWAMURA, M.S.; RONCONI, D.P., YOSHIZAKI, H. Optimizing transportation and storage of final products in the sugar and ethanol industry: a case study. **International Transactions in Operational Research**, Oxford, v. 13, n. 5, p. 425-439, Sep. 2006.

LACERDA, L. **Considerações sobre o estudo de localização de instalações**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Logística – CEL/Coppead, 1999. Disponível em: <<http://www.centrodelogistica.com.br/new/fs-busca.htm?fr-loc-inst.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2006.

LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA LTDA. **Plano nacional de logística e transportes: modelagem da demanda e avaliação econômica de alternativas**. Brasília: Ministério dos Transportes e Ministério da Defesa, 2006. 56 p. Relatório de Andamento do Projeto. Disponível em: <[http://www.centran.eb.br/docs/proj\\_estru/logistica/relatório\\_andamento\\_PNLT\\_Nov2006.pdf](http://www.centran.eb.br/docs/proj_estru/logistica/relatório_andamento_PNLT_Nov2006.pdf)>. Acesso em: 3 jan. 2008.

LUCAS, M.T.; CHHAJED, D. Applications of location analysis in agriculture: a survey. **Journal of the Operational Research Society**, Basingstoke, v. 55, n. 6, p. 561–578, June 2004.

MACEDO, I.C; LEAL, M.R.L. V; SILVA, J.E.A.R. **Balanco das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, 2004. 32 p.

MALIGO, C. **Modelo para simulação da operação de carregamento de caminhões-tanque em uma base de distribuição de combustíveis automotivos**. 2005. 170 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MARJOTTA-MAISTRO, M.C.; BARROS, G.S. de C. Relações comerciais e de preços no mercado nacional de combustíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 40., 2002, Passo Fundo. **Anais Eletrônicos...** Brasília: SOBER, 2002. 1 CD-ROM

MARTINS, C.S. Multimodalidade e flexibilidade no transporte de açúcar e álcool. **IN: Fórum Internacional de Logística: Expo-Logística**, 12., 16 ago. 2006. Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.forumlogistica.net/2006/forum\\_logistica/site/apresentacoes.htm](http://www.forumlogistica.net/2006/forum_logistica/site/apresentacoes.htm)>. Acesso em: 2 fev. 2007.

MEDEIROS, L.G. **Logística para exportação de álcool combustível**. In: WORKSHOP BRASIL-JAPÃO EM ENERGIA, MEIO-AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3., nov. 2005, Campinas. Disponível em: <[http://www.cori.unicamp.br/BrasilJapao3/Palestras/Palestra %20Logistica%20alcool3.ppt](http://www.cori.unicamp.br/BrasilJapao3/Palestras/Palestra%20Logistica%20alcool3.ppt)>. Acesso em: 14 abr. 2007.

MENEZES, J.D. **Uma plataforma para expedição de combustíveis**. 2000. 150 p. Dissertação (Mestrado Tecnológico em Logística) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MESSIAS, J. Setor está com todo o gás, para não dar, mas vender. **Jornal da Cana**, Ribeirão Preto, maio 2006. Painel do Setor, p. 12.

MONTANINI, L. Terminal da Decal começa a operar em Suape. **Jornal da Cana**, São Paulo, out. 2005. Logística & Transportes, p. 96.

MORAES, M.A.F.D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Americana: Caminho Editorial, 2000. 238 p.

NICOLAY, M.G.V. **Uma demonstração do efeito distorcivo da política tributária brasileira na atividade logística: estudo de casos**. 2003. 137 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

NÓRCIO, L. Inaugurado no Porto de Paranaguá primeiro terminal público para exportação de álcool. **Agência Brasil** – Radiobrás, Paranaguá, 23 out. 2007. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/10/23/materia.2007-10-23.9893514585/view>>. Acesso em: 17 nov. 2007

NUNES, C.; GOMES, C. Aspectos concorrenciais do Varejo de Combustíveis no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 33., 2005, Natal. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPEC, 2005. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2005/artigos/A05A108.pdf>>. Acesso em: 9 dez. 2007.

NOZICK, L.K.; TURNQUIST, M.A. Integrating inventory impacts into a fixed-charge model for locating distribution centers. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, Oxford, v. 34, n. 3, p. 173-186, Sep. 1998.

NOZICK, L.K.; TURNQUIST, M.A. Inventory, transportation, service quality and the location of distribution centers. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 129, n. 2, p. 362-371, Mar. 2001.

O'KELLY, M.E.; BRYAN, D. Hub location with flow economies of scale. **Transportation Research Part B: Methodological**, Oxford, v. 32, n. 8, p. 605-616, Oct. 1998

O'KELLY, M.E.; BRYAN, D.; SKORIN-KAPOV, D.; SKORIN-KAPOV, J. Hub network design with single and multiple allocation: a computational study. **Location Science**, Amsterdam, v. 4, n. 3, p. 125-138, Oct. 1996

OLIVEIRA, A.M.K. **Potencial da logística ferroviária para a movimentação de açúcar para exportação no estado de São Paulo: recomendações de localização e armazéns intermodais concentradores de carga**. 2005. 166p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

OWEN, S.H.; DASKIN, M.S. Strategic facility location: a review. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 111, n. 3, p. 423-447, Dec. 1998.

PACHECO, I.V. **Transporte de combustíveis nos rios Amazonas e Solimões**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE HIDROVIAS BRASIL/FLANDERS-BÉLGICA DA AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ, mar. 2007, Brasília. Disponível em: <<http://www.Antaq.gov.br/NovositeAntaq/seminarioInterHidro.asp>>. Acesso em 13 de abr. de 2007.

PAIVA, R.P.O. **Um modelo baseado em seleção de processos e dimensionamento de lotes para planejamento agregado da produção em usinas de açúcar e álcool**. 2006. 184 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

PAULILLO, L.F.; VIAN, C.E.F.; SHIKIDA, P.F.A.; Mello, F.T. de. Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis?. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 531-565, ago. 2007.

PEREIRA, N.N. **Um Estudo sobre instalações propulsoras para empurradores fluviais**. 2007. 241 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PETROBRÁS TRANSPORTE S.A. – TRANSPETRO. **Relatório anual 2006a**. Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br/portugues/empresa/transparencia/relatorio.o.shtml>>. Acesso em: 9 dez. 2007.

PETROBRÁS TRANSPORTE S.A. – TRANSPETRO. **Condições gerais de serviço de álcool**. Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br/portugues/negocios/dutosTerminais/files/CGSA3.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2006b.

PETROBRÁS TRANSPORTE S.A. – TRANSPETRO. **Histórico das movimentações: acumulado total das movimentações em 2006c**. Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br/portugues/negocios/dutosTerminais/files/TerminaisTotalAnual2006.xls>>. Acesso em: 24 ago. 2007.

PETROBRÁS TRANSPORTE S.A. – TRANSPETRO. **Dutos de transporte: histórico de transporte mensal em metros cúbicos a 20°C**. Disponível em: <[http://www.transpetro.com.br/portugues/negocios/dutosTerminais/dutos\\_Petroleo.shtml](http://www.transpetro.com.br/portugues/negocios/dutosTerminais/dutos_Petroleo.shtml)>. Acesso em: 26 out. 2007a.

PETROBRÁS TRANSPORTE S.A. – TRANSPETRO. **Tarifas de referência para serviços de movimentação de álcool: Revisão 17/ jul. 2007**. Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br/portugues/negocios/dutosTerminais/files/TarifasAlcool01.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2007b.

Petrobrás Transporte S.A. Líder mundial em logística de biocombustíveis. Rio de Janeiro: PETROBRÁS TRANSPORTE S. A. – TRANSPETRO, 2007c. 1 folder.

PETROBRÁS TRANSPORTE S.A. – TRANSPETRO. **Tarifas de referência para serviços padronizados**. Disponível em: <[www.transpetro.com.br/portugues/empresa/transparencia/files/tabelaTarifasRefServicosPadronizados.xls](http://www.transpetro.com.br/portugues/empresa/transparencia/files/tabelaTarifasRefServicosPadronizados.xls)>. Acesso em: 18 nov. 2007d.

PETROBRÁS TRANSPORTE S.A. – TRANSPETRO. **Tarifas de referência para serviços de movimentação de álcool** – revisão 18/ jan. 2007. Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br/portugues/negocios/dutosTerminais/files/TarifasAlcool01.pdf>>. Acesso em: 2 jan. 2008.

RATICK, S.; OSLEEB, J.; KUBY, M.; LEE, K. Interperiod network storage location–allocation (INSLA) models. In: GHOSH, A.; RUSHTON, G. (Ed.). **Spatial analysis and location–allocation models**. New York: Van Nostrand Rheinhold, 1987. chap. 10, p. 269–301.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION – RFA. Annual world ethanol production by country. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>>. Acesso em: 20 de nov. 2007.

REVELLE, C.S.; EISELT, H.A.. Location analysis: a synthesis and survey. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 165, n. 1, p.1–19, Aug. 2005.

RIOS, M. Apito do trem pode voltar à Alta Paulista. **Jornal da Cana**, Adamantina, n. 141, set. 2005. *Logística & Transportes*, p. 121-123.

RODRIGUES, S.B. de M. **Avaliação das alternativas de transporte de etanol para a exportação na região Centro-Sul. 2007**. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo, São Carlos, 2007.

ROSSETTO JÚNIOR, O.F. **Hidrovia Tietê-Paraná: projetos e ações em desenvolvimento**. In: ENCONTRO DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES NO OESTE PAULISTA HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ: ALAVANCA DO DESENVOLVIMENTO, 1., out. 2005, Araçatuba. Disponível em: <[http://www.cooperhidro.com.br/palestras/osvaldo/rosseto\\_dh.pdf](http://www.cooperhidro.com.br/palestras/osvaldo/rosseto_dh.pdf)>. Acesso em: 23 out. 2007.

SANT’ANNA, E.A.D. **Desafios da logística para distribuição de Biocombustíveis**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS: ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGIA – OLADE, abr. 2006, Brasília. Disponível em: <<http://www.olade.org/biocombustibles.old/Documents/PDF-10.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2007.

SCARAMUZZO, M. Só 50% dos investimentos em etanol são confirmados. **Valor Econômico**, São Paulo, 5 nov. 2007a. Disponível em:<<http://www.valoronline.com.br/>>. Acesso em: 5 nov. 2007.

SCARAMUZZO, M. Usinas vão disputar o mercado de distribuição de álcool nos postos. **Valor Econômico**, São Paulo, 5 set. 2007b. Disponível em:<<http://www.valoronline.com.br/>>. Acesso em: 5 set. 2007.

SCARAMUZZO, M.; BARROS, B.; RIBEIRO, I. Parceria para pôr álcool em duto e açúcar nos trilhos. **Valor Econômico**, São Paulo, 19 abr. 2007. Disponível em: <<http://www.valoronline.com.br/>>. Acesso em: 19 abr. 2007.

SETTEN, A.M.O. **Transporte rodoviário de granéis líquidos: cenário atual da distribuição de álcool sobre as óticas dos produtores e tradings**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL, 4., 2007, Piracicaba. Piracicaba: Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG, 2007. Palestra.

SILVA, P.R. **Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira: estrutura e implicações ambientais**. 2004. 148 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Coordenação dos Programas de pós-graduação de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SIMÕES, R.B. **New trends to the ethanol supply chain in Brazil**. 2006. 86 p. Dissertation (Master of Science Logistics and Operation Management) – Faculty of Economics and Business Administration, Universiteit Van Tilburg, Tilburg, 2006.

SINDICATO DAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES – SINDICOM. **Market share das empresas associadas ao Sindicom no ano de 2005**. Disponível em: <[http://www.sindicom.com.br/pub\\_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=19&secid=82&infid=111&destaque=true](http://www.sindicom.com.br/pub_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=19&secid=82&infid=111&destaque=true)>. Acesso em: 3 dez. 2006a.

SINDICATO DAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES – SINDICOM. **Bases de distribuição de combustíveis**. Disponível em: <[http://www.sindicom.com.br/pub\\_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=23](http://www.sindicom.com.br/pub_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=23)>. Acesso em: 28 nov. 2006b.

SINDICATO DAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES – SINDICOM. **Notícias SINDICOM**. Distorções afetam Mercado em São Paulo. Ano 2, n. 7, dez. 2006c. Disponível em: <[http://www.sindicom.com.br/pub\\_sind/media/sindico\\_m7.pdf](http://www.sindicom.com.br/pub_sind/media/sindico_m7.pdf)>. Acesso em: 9 dez. 2007.

SINDICATO DAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES – SINDICOM. **Abastecimento e logística**. Disponível em: <[http://www.sindicom.com.br/pub\\_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=72](http://www.sindicom.com.br/pub_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=72)>. Acesso em: 28 nov. 2006d.

SINDICATO DAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES – SINDICOM. **Vendas pelas distribuidoras associadas ao Sindicom e Mercado ANP por Produto – 2000 a 2007 – m<sup>3</sup> – Todos segmentos**. Disponível em: <[http://www.sindicom.com.br/pub\\_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=19](http://www.sindicom.com.br/pub_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=19)>. Acesso em: 22 out. 2007.

SINDICATO DO COMÉRCIO VAREJISTA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SINCOPEPETRO. **Preços de custo de aquisição das companhias distribuidoras**. Disponível em: <<http://www.sincopetro.org.br/conteudo.asp?xmenu=110>>. Acesso em: 29 nov. 2007.

SOARES, A.C. **Diagnóstico e modelagem da rede de distribuição de derivados de petróleo no Brasil**. 2003. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SOCIEDADE DE PORTOS E HIDROVIAS DO ESTADO DE RONDÔNIA – SOPH. **Tarifas**. Disponível em: <[www.soph.ro.gov.br/tarifas.php](http://www.soph.ro.gov.br/tarifas.php)>. Acesso em: 31 dez. 2007.

**SOLUÇÕES BR**. Rio de Janeiro: BR Distribuidora, v. 2, n.6, mar./abr., 2003. 48 p. Disponível em: <<http://www.br.com.br/portalbr/pdf/solucoes/solucoes-06.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2007.

SOUZA, R.R. **Panorama, oportunidades e desafios para o mercado mundial de álcool automotivo**. 2006. 129 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Coordenação dos Programas de pós-graduação de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SWEENEY, D.J.; TATHAM, R.L. An improved long-run model for multiple warehouse location. **Management Science**, Linthicum, v. 22, n. 7, p. 748-758, Mar. 1976.

SZWARC, A. Key Issues for the world biofuels market. IN: HART'S WORLD REFINING AND FUELS CONFERENCE: AMERICAS, ago. 2006, Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.portalunica.com.br/portalunica/files/referencia\\_palestraseapresentacoes\\_apresentacoes-47-Arquivo.pdf](http://www.portalunica.com.br/portalunica/files/referencia_palestraseapresentacoes_apresentacoes-47-Arquivo.pdf)>. Acesso em: 1 dez. 2006.

TORQUATO, S.A. **Avanços e entraves na logística de exportação do álcool**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=2855>>. Acesso em: 27 nov. 2006.

UNIÃO DA INDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – UNICA. **Ranking da produção de cana, açúcar e álcool da região Centro-Sul na safra 2006/07**. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=refer%EAncia&SubSecao=estatisticas&SubSubSecao=ranking>>. Acesso em: 24 out. 2007.

UNITED NATIONS – UN. **COMTRADE**: United Nations Commodity Trade Statistics Database. Disponível em: <<http://comtrade.un.org/db/>>. Acesso em: 27 de nov. 2007

VIDAL, C.J; GOETSCHALCKX M. Strategic production-distribution models: a critical review with emphasis on global supply chain models. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 1-18, Apr. 1997.

VOIGT, I.; OLIVÉRIO, J.L. Novas tecnologias do setor sucroalcooleiro difusor modular Dedini – Bosch. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL E MOSTRA DE TECNOLOGIA DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA, 5., 19 jul. 2007, Piracicaba. Piracicaba: Prefeitura Municipal. 2007. Palestra.

VON LAMPE, M. **Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels**. Working Party on Agricultural Policies and Markets, Directorate for Food, Agriculture and Fisheries, Committee for Agriculture, Organization for Economic Cooperation and Development, Feb. 1, 2006. (AGR/CA/APM(2005)24/FINAL). Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/58/62/36074135.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2007.

WALTER, A.; ROSILLO-CALLE, F.; DOLZAN, P.B.; PIACENTE, E.; CUNHA, K.B. Sustainable bio-energy trade; securing supply and demand. market evaluation: fuel ethanol. International Energy Agency – IEA, Jan. 2007. Disponível em: <<http://www.bioenergytrade.org/downloads/finalreportethanolmarkets.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

YACOBUCCI, B.D. **Fuel ethanol**: background and public policy issues. Received through the CRS Web: Congressional Research Service, Library of Congress, 2006a. 26 p. CRS Report for Congress order code RL33290. Disponível em: <<http://ncseonline.org/NLE/CRSreports/06Apr/RL33290.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2007.

YACOBUCCI, B.D. **Ethanol imports and the Caribbean basin initiative**. Received through the CRS Web: Congressional Research Service, Library of Congress, 2006b. 6 p. CRS Report for Congress order code RS21930 Disponível em: <<http://ncseonline.org/NLE/CRSreports/06apr/RS21930.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2007.

WANKE, P. **Distribuição direta ou distribuição escalonada? A visão da indústria numa rede de distribuição simples**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Logística – CEL/COPPEAD, 2007. Disponível em: <[http://www.centrodelogistica.org/new/artigos\\_coppead/Coppead\\_138\\_completo.pdf](http://www.centrodelogistica.org/new/artigos_coppead/Coppead_138_completo.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2007.

XAVIER, C.E.O; BRANCO, J.E.H.; CARVALHO, L.B.; CAIXETA FILHO, J.V. Infra-estrutura e logística para movimentação de biocombustíveis. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 7, 2008. No prelo.

YOSHIZAKI, H.T.Y. **Projeto de redes de distribuição física considerando a influência do imposto de circulação de mercadorias e serviços**. 2002. 156 p. Tese (Livre-Docência no Departamento de Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002

YOSHIZAKI, H.T.Y.; MUSCAT, A.R.N.; BIAZZI, J.L. Decentralizing ethanol distribution in southeastern Brazil. **Interfaces**, Linthicum, v. 26, n. 6, p. 24–34, 1996.

YOSHIZAKI, H.T.Y.; MUSCAT, A.R.N.; BIAZZI, J.L. Revisando a logística de distribuição de álcool etílico. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 4, p. 174-186, ago. 1997.

**ANEXO**



**ANEXO A Entrada de dados, modelo codificado e resultados**

Disponíveis no CD anexo

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)