**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES**

JOSÉ EDUARDO HOLLER BRANCO

Avaliação das localidades ótimas para expansão da
oferta de cana-de-açúcar no Brasil: uma aplicação de
programação inteira mista

São Carlos
2012

JOSÉ EDUARDO HOLLER BRANCO

Avaliação das localidades ótimas para expansão da
oferta de cana-de-açúcar no Brasil: uma aplicação de
programação inteira mista

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Transportes
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Planejamento e
Operação de Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof. Edson Martins de Aguiar

São Carlos
2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

B816a Branco, José Eduardo Holler
Avaliação das localidades ótimas para expansão da
oferta de cana-de-açúcar no Brasil: uma aplicação de
programação inteira mista. / José Eduardo Holler
Branco; orientador Edson Martins de Aguiar. São Carlos,
2012.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Área de Concentração em
Infra-Estrutura de Transporte -- Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

1. Logística. 2. Planejamento de Transportes. 3.
Pesquisa Operacional. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **JOSÉ EDUARDO HOLLER BRANCO**

Título da tese: "Avaliação das localidades ótimas para expansão da oferta de cana-de-açúcar no Brasil: uma aplicação de programação inteira mista"

Data da defesa: 14/12/2012

Comissão Julgadora:**Resultado:**

Prof. Titular **José Vicente Caixeta Filho (Orientador Designado)** APROVADO
(Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ – Piracicaba.)

Prof. Dr. **Carlos Alberto Faria**
(Universidade Federal de Uberlândia/UFU)

aprovado

Prof. Dr. **Renato da Silva Lima**
(Universidade Federal de Itajubá/UNIFEI)

APROVADO

Prof. Dr. **Augusto Hauber Gameiro**
(Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/USP- Pirassununga)

APROVADO

Prof. Dr. **Marcel Andreotti Musetti**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes:
Prof. Associado **Antônio Nelson Rodrigues da Silva**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Denis Vinicius Coury**

DEDICATÓRIA

Ao meu amado pai (*in memoriam*), por me ensinar que precisamos apenas
de coragem, dedicação e humildade para caminhar;

À minha mãe, por me mostrar a simplicidade da felicidade;

À minha irmã Dani, por sempre me incentivar e não me deixar desistir;

À minha irmã Fabi, por me encorajar e ensinar a lutar;

Ao Gabriel, por me ensinar a acreditar;

À Clara, por me transmitir pureza.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Edson Martins de Aguiar (*in memoriam*), por me acolher desde o início deste projeto, depositar confiança, sempre acreditar e motivar, pelo exemplo de conduta ética e simplicidade além de orientar esse trabalho com enorme contribuição e profissionalismo.

Aos amigos da República Pão-de-Queijo, com os quais dividi momentos inesquecíveis de alegria, superação e busca de motivação. Sou muito grato por ter tido a oportunidade de conviver com essa Família.

Ao Prof. Caixeta, por todo apoio e longos anos de orientação, desde os períodos de Graduação até a conclusão do Doutorado. Agradeço por acreditar em meu potencial, por sempre me incentivar, pela dedicação ao ensinar, por me oferecer espaço para crescer e por me mostrar a importância de agirmos com ética e profissionalismo na busca de nossas conquistas pessoais.

Ao Grupo ESALQ-LOG, pelas numerosas amizades que me permitiu fazer e pelo inmensurável aprendizado e desenvolvimento profissional depositado na minha formação. Particularmente, agradeço o Carlos a Priscilla e o Thiago pelo apoio, compartilhamento de materiais e ideias para a consolidação desse trabalho. E especialmente, devo agradecimentos à Maria, que transmitiu força, motivação e apoio nos momentos mais difíceis.

À minha companheira Tatiana Moreno, que em todos os momentos me incentivou a concluir esse projeto, segurou em minha mão nos momentos mais difíceis e me ajudou a conduzir meus desafios pessoais, profissionais e acadêmicos de forma equilibrada.

À Escola de Engenharia de São Carlos, em especial ao Departamento de Engenharia dos Transportes, por me oferecer ensino de excelência e todo apoio necessário para a condução dessa Tese.

À Universidade de São Paulo, pela educação de qualidade ao longo de toda minha formação acadêmica.

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1.2 OBJETIVOS	21
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 O MERCADO SUCROENERGÉTICO.....	23
2.1.1 Análise da oferta e demanda de açúcar e etanol no Brasil	23
2.2 SISTEMA DE TRANSPORTE DE CARGAS BRASILEIRO	40
2.2.1 Caracterização do transporte intermodal no país	40
2.2.2 Transporte rodoviário de cargas	43
2.2.3 Transporte ferroviário de cargas	50
2.2.4 Transporte hidroviário de cargas.....	60
2.2.5 Transporte dutoviário	66
2.2.6 Particularidades da cadeia de abastecimento de etanol	69
2.3 MODELOS DE FLUXOS DE TRANSPORTE, LOCALIZAÇÃO E USO DA TERRA	72
2.3.1 Modelos de localização e uso da terra	72
2.3.2 Modelos para simulação de fluxos inter-regionais de transporte	79
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	90
3.1 REDE DE TRANSPORTE CONSIDERADA NA MODELAGEM.....	90
3.2 ESTRUTURA MATEMÁTICA DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO	92
3.3 PARÂMETROS E FONTE DOS DADOS UTILIZADOS NA MODELAGEM.....	105
3.3.1 Divisão espacial da área de análise e escolha dos centróides	105
3.3.2 Dados de oferta, demanda e exportação.....	107
3.3.3 Estimativa do potencial para expansão da cultura de cana-de-açúcar.....	111
3.3.4 Configuração da rede de transportes e custos de frete.....	116
3.3.5 Custo unitário dos módulos de expansão de cana-de-açúcar.....	122
3.3.6 Preços de venda de açúcar e etanol.....	123
3.3.7 Cenários de análise	124
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	126
4.1 CENÁRIOS ATUAIS.....	126
4.2 CENÁRIOS COM PROJEÇÕES PARCIAIS DA DEMANDA FUTURA	134
4.3 CENÁRIOS COM PROJEÇÕES PLENAS DA DEMANDA FUTURA	156
5 CONCLUSÕES.....	177
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	186
ANEXO A.....	193
ANEXO B.....	205
ANEXO C.....	245

RESUMO

BRANCO, J. E. H. **Avaliação das localidades ótimas para expansão da oferta de cana-de-açúcar no Brasil: uma aplicação de programação inteira mista**. 2012. 244 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

Essa Tese tem como objetivo principal avaliar a distribuição espacial ótima da produção futura de cana-de-açúcar que propiciaria a minimização do custo de transporte e ampliaria a receita líquida do setor, considerando o mercado sucroenergético projetado para 2020/2021. Para auxiliar as análises, esse trabalho desenvolve um modelo matemático de programação inteira mista e fazendo uso do ferramental almeja-se identificar as localidades ideais para expansão ou implantação de novos canaviais, além de simular o comportamento dos fluxos de açúcar e etanol mediante configurações distintas da malha intermodal de transporte nacional. Por fim, o estudo visa avaliar se os projetos intermodais que vêm sendo anunciados pelo Governo Federal e *players* desse segmento, quando prontos, apresentariam potencial para captação de cargas sucroalcooleiras e também se proporcionariam ganhos logísticos relevantes para o setor. Considerando as projeções do consumo doméstico e das exportações sucroalcooleiras para 2020/2021, o modelo matemático apontou as regiões ideais para aumentar a oferta de cana-de-açúcar, dentre as áreas com aptidão edafoclimática para o cultivo da cultura, adotando-se com critério de escolha a maximização da receita das indústrias do setor. As recomendações do modelo indicaram acréscimo de 220 milhões de toneladas na produção dos canaviais do estado de São Paulo, 79 milhões em Mato Grosso do Sul, 70 milhões no Paraná, 65 milhões em Minas Gerais, 60 milhões na Bahia, 42 milhões em Goiás, 24 milhões no Tocantins, 15 milhões no Maranhão, 8 milhões no Mato Grosso e 7 milhões no estado do Piauí, nas condições do cenário com projeções intermediária de crescimento. A alocação ótima dos fluxos de transporte de açúcar indicou uma participação de 45% do modal ferroviário, 52% do modal rodoviário e 3% de alternativas hidro-ferroviárias na movimentação do produto. No caso do etanol os resultados sugeriram uma proporção de 61% para a modalidade rodoviária, 27% para a alternativa ferroviária e 12% para a combinação intermodal hidro-dutoviária. Os benefícios econômicos diretos proporcionados pela expansão da malha intermodal de transporte proporcionaria economias com fretes próximas a R\$ 444 milhões por safra, no escoamento da produção sucroalcooleira, baixando o frete unitário médio do setor de R\$ 59,12 por tonelada para 54,12 por tonelada transportada. O método revelou-se uma ferramenta importante na análise da distribuição espacial da oferta de cana-de-açúcar, e os resultados geraram informações importantes para condução de políticas públicas e para organização do setor sucroenergético.

Palavras-chave: Logística. Planejamento de Transportes. Pesquisa Operacional

ABSTRACT

BRANCO, J. E. H. **Investigation of the optimal locations to increase the sugarcane supply in Brazil: application of a mix and integer programming model.** 2012. 244 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

This Thesis aims to construct a mathematical model of mix and integer programming for supporting the analysis regarding the best regions to increase the supply of sugar cane in Brazil in order to minimize the transportation costs and increase the sector revenue. In addition based on the model results was intended to provide inputs for analyzing the spatial distribution of sugar cane production and the ethanol and sugar transport flows considering the demand projected to 2020/2021 and the future multimodal transportation network. Assuming sugar and ethanol demand and exports projections to 2020/2021 the mathematical model recommended the optimum agricultural areas to increase the production of sugar cane that should maximize the sector revenue. The model outputs recommended an increase of 220 million tons in sugarcane production at São Paulo state, 79 million at Mato Grosso do Sul, 70 million at Paraná, 65 million at Minas Gerais, 60 million at Bahia, 42 million at Goiás, 24 million at Tocantins, 15 million at Maranhão, 8 million at Mato Grosso and 7 million tons at Piauí. Regarding the sugar transportation flows the results proposed a share of 45% for rail mode, 52% for road and 3% for barge-rail alternatives in the total freight (Ton-Kilometer). In the case of ethanol the results indicated a share of 61% for road, 27% for rail, and 12% for barge-pipelines alternatives. The potential economic benefits provided by the increasing of multimodal transportation network involves savings on freight near to R\$ 444 million per crop, and could result in reduction from R\$ 59.12 per ton to R\$ 54.12 per ton in the unit freight cost. The mathematical model revealed be an important tool for spatial analysis of sugar cane supply in Brazil and the results provided important inputs for Federal Government policies and for planning the sugar and ethanol sector.

Keywords: Logistics. Operational Research. Transportation Planning.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Projeção do consumo de etanol no horizonte de 2010 a 2019 (bilhões de litros)	37
Tabela 2.2 - Extensão das malha rodoviária do Brasil, por tipo de gestão.....	49
Tabela 4.1 - Oferta por UF indicada pelos resultados do modelo <i>versus</i> informações declaradas pela UNICA. Ano safra base 2010/2011	127
Tabela 4.2 - Exportação por UF indicada pelos resultados do modelo <i>versus</i> informações declaradas pela UNICA. Ano safra base: 2010/2011	128
Tabela 4.3 - Exportação por porto recomendada pelos resultados do modelo <i>versus</i> exportação por porto apresentada pela SECEX. Ano safra base: 2010/2011	129
Tabela 4.4 - Quantidades dos fluxos direcionados para abastecimento do mercado doméstico de açúcar e etanol, agregados por Unidade da Federação.....	130
Tabela 4.5 - Quantidades movimentadas por modalidade de transporte e participação de cada modalidade na produção de total de transporte (TKU) correspondentes ao Cenário Atual Restrito (AR) e Cenário Atual Não Restrito (ANR)	132
Tabela 4.6 - Oferta estadual de cana-de-açúcar recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (mil toneladas) e acréscimo da oferta (mil toneladas) em relação ao cenário atual AR.....	136
Tabela 4.7 - Participação do crescimento da oferta estadual de cana-de-açúcar em relação ao crescimento total da oferta recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (%)	137
Tabela 4.8 - Oferta estadual de açúcar correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variação da demanda dos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil toneladas).....	143
Tabela 4.9 - Oferta estadual de etanol correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variação da demanda dos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil toneladas)	144
Tabela 4.10 - Demanda estadual de açúcar correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variação da demanda dos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil toneladas)	145
Tabela 4.11 - Demanda estadual de etanol correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variação da demanda nos cenários futuros em relação ao cenário AR (mil metros cúbicos)	146
Tabela 4.12 - Exportação de açúcar por porto de embarque nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variações das quantidades em relação ao cenário AR (mil toneladas)	147
Tabela 4.13 - Participação do crescimento do embarque de açúcar por porto em relação ao acréscimo total das exportações de açúcar, nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (%)	148
Tabela 4.14 - Exportação de etanol por porto de embarque nos cenários AR, R-P, FI-P, FC-P, e variações das quantidades em relação ao cenário AR (mil metros cúbicos)	149
Tabela 4.15 - Participação do crescimento do embarque de etanol por porto em relação ao acréscimo total das exportações de etanol, nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (%)	150

Tabela 4.16 - Quantidade de açúcar movimentada por modalidade de transporte nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (mil toneladas) e participação percentual de cada modal na matriz de transporte de cargas (TKU)	151
Tabela 4.17 - Quantidade de etanol movimentada por modalidade de transporte nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (mil metros cúbicos) e participação percentual de cada modal na matriz de transporte de cargas (TKU).....	152
Tabela 4.18 - Custos de transporte médios observados nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P	154
Tabela 4.19 - Exportação líquida de açúcar e etanol em cada estado nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (mil toneladas)	155
Tabela 4.20 - Oferta estadual de cana-de-açúcar recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil toneladas).....	157
Tabela 4.21 - Participação do crescimento da oferta estadual cana-de-açúcar em relação ao crescimento total da oferta recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários R-PL, FI-PL e FC-PL (%).....	158
Tabela 4.22 - Oferta estadual de açúcar recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil toneladas).....	163
Tabela 4.23 - Oferta estadual de etanol recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil metros cúbicos)	164
Tabela 4.24 - Demanda estadual de açúcar observada nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC PL e variação da demanda dos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil toneladas)	165
Tabela 4.25 - Demanda estadual de etanol observada nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC PL e variação da demanda nos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil metros cúbicos)	166
Tabela 4.26 - Exportação de açúcar por porto de embarque nos cenários AR, R-PL, FI-PL, FC-PL e variações das quantidades em relação ao cenário AR (mil toneladas)	167
Tabela 4.27 - Exportação de etanol por porto de embarque nos cenários AR, R-PL, FI-PL, FC-PL e variações das quantidades em relação ao cenário AR (mil metros cúbicos)	168
Tabela 4.28 - Quantidade de açúcar movimentada por modalidade de transporte nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil toneladas) e participação percentual de cada modal na matriz de transporte de cargas (TKU)	169
Tabela 4.29 - Quantidade de etanol movimentada por modalidade de transporte nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil metros cúbicos) e participação percentual de cada modal na matriz de transporte de cargas (TKU)	169
Tabela 4.30 - Custos de transporte médios observados nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC PL	170
Tabela 4.31 - Exportação líquida de açúcar e etanol em cada estado nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil toneladas).....	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Participação da oferta estadual de etanol em relação à produção nacional Ano safra 2011/2012.....	27
Figura 2.2 - Mapa com a produção municipal de etanol.....	28
Figura 2.3 - Licenciamento anual de veículos novos de ciclo Otto no Brasil (mil unidades)	29
Figura 2.4 - Participação dos carros movidos a gasolina, etanol e <i>flexfuel</i> na frota de veículos de ciclo <i>Otto</i> no Brasil, nos anos de 2005 e 2011 (%)	30
Figura 2.5 - Vendas totais de combustíveis para veículos de ciclo Otto no Brasil, vendas totais de Etanol, Etanol Anidro e Etanol Hidratado, e importação de Gasolina A (valores expressos em equivalente gasolina – metros cúbicos). Dispêndio total com	36
Figura 2.6 - Participação da oferta estadual de açúcar em relação à produção nacional Ano safra 2011/2012.....	38
Figura 2.7 - Mapa da produção de açúcar	39
Figura 2.8 - Investimentos dos Ministério dos Transportes na infraestrutura viária em relação ao PIB	41
Figura 2.9 - Composição da matriz de transporte de cargas nacional (TKU).....	42
Figura 2.10 - Extensão total da malha rodoviária pavimentada (km)	44
Figura 2.11 - Classificação geral das rodovias brasileiras	46
Figura 2.12 - Mapa dos corredores rodoviários pesquisados pela CNT (2011), e classificação das condições de trafegabilidade	47
Figura 2.13 - Investimentos aplicados nas malhas existentes concedidas à iniciativa privada	50
Figura 2.14 - Traçados sugeridos para o Ferroanel	56
Figura 2.15 - Novos projetos ferroviários do Brasil.....	59
Figura 2.16 - Mapa hidroviário brasileiro	65
Figura 2.17 - Projetos dutoviários para o transporte de etanol	69
Figura 2.18 - Cadeia de distribuição de álcool e gasolina no Brasil	70
Figura 2.19 - Bases de combustíveis e importantes fluxos de transferência.....	72
Figura 2.20 - Triângulo de Weber	75
Figura 2.21 - Agentes e interações envolvidos em um sistema de transporte	81
Figura 2.22 - Equilíbrio entre oferta e demanda considerando o intercâmbio comercial de mercados separados espacialmente	85
Figura 3.1 - Grafo representativo do sistema de transporte intermodal considerado na 90	
Figura 3.2 - Mesorregiões e Microrregiões de origem, respectivos centróides e portos	107
Figura 3.3 - Regiões aptas para expansão da cultura da cana-de-açúcar segundo ZAE Cana	XII
Figura 3.4 - Malha multimodal considerada para os cenários futuros e terminais de transbordo.....	119
Figura 4.1 - Proporção (%) da produção de transportes em TKU - Cenário atual restrito AR.....	131

Figura 4.2 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P	138
Figura 4.3 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário R-P (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil toneladas).....	139
Figura 4.4 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário FI-P (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil toneladas).....	140
Figura 4.5 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário FC-P (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil t).....	141
Figura 4.6 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL.....	159
Figura 4.7 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário R-PL (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil toneladas).....	160
Figura 4.8 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário FI-PL. Valor do módulo: 2.500 mil toneladas.....	161
Figura 4.9 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário FC-PL (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil toneladas).....	162
Figura 5.1 - Composição da Matriz de Transportes nos cenários futuros, com a incorporação dos projetos intermodais na malha viária	181

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Produção brasileira, estadual, por região e taxa de evolução média anual da	24
Quadro 2.2 - Produção brasileira, estadual, por região da produção de cana-de-açúcar e	26
Quadro 2.3 - Produção e exportação anual de etanol, vendas de etanol anidro, etanol...	32
Quadro 2.4 - Relação entre o preço médio do etanol hidratado e preço médio da gasolina	34
Quadro 2.5 - Transporte interestadual de cargas pela Hidrovia Tietê-Paraná (2010)	63
Quadro 2.6 - Movimentação dutoviária de etanol (m ³), 2011.....	67
Quadro 3.1 - Consumo de etanol estadual e por região projeções para 2020/2021 (m ³)	110
Quadro 3.2 - Quantidades referentes à produção, demanda e exportação atuais e	111
Quadro 3.3 - Quadro resumo do uso do solo nacional para fins agrícolas	112
Quadro 3.4 - Áreas aptas para cultivo de cana-de-açúcar por classe de aptidão e por tipo	113
Quadro 3.5 - Área total, área cultivada com cana e área apta para expansão do plantio de	114
Quadro 3.6 - Configuração da malha intermodal nos cenários de análise	118
Quadro 3.7 - Cenários considerados para análise dos resultados	125
Quadro 4.1 - Distâncias médias ponderadas em cada arco da rede de transportes -.....	133
Quadro 4.2 - Matriz O-D (Origem-Destino) dos fluxos de açúcar por Unidade da Federação correspondente ao cenário FC-PL e mercado doméstico - milhões de toneladas.....	173
Quadro 4.3 - Matriz O-D (Origem-Destino) dos fluxos de açúcar por Unidade da Federação correspondente ao cenário FC-PL e mercado.....	174
Quadro 4.4 - Matriz O-D (Origem-Destino) dos fluxos de etanol por Unidade da Federação correspondente ao cenário FC-PL e mercado.....	175
Quadro 4.5 - Matriz O-D (Origem-Destino) dos fluxos de etanol por Unidade da Federação correspondente ao cenário FC-PL e mercado.....	176

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A busca por novas fontes de energia tem sido um dos principais motes do século XXI. Ao longo da última década, a consolidação de novos panoramas econômicos, políticos, ambientais e sociais vem conduzindo os esforços da comunidade internacional para promover a diversificação e ampliação dos recursos energéticos, com prioridade às alternativas renováveis. No Brasil, o uso de etanol - combustível renovável e de baixo impacto ambiental - antecede em longa data a recente movimentação dos países em busca de fontes sustentáveis de energia, fato que proporcionou posição de destaque ao país.

Sob o prisma sócio-ambiental, a produção de etanol chama a atenção, pois é uma alternativa de combustível renovável, acessível e que revela baixa emissão líquida de gases causadores do efeito estufa. A utilização de etanol pode auxiliar os países a diminuir em curto prazo a emissão dos gases causadores do efeito estufa, preocupação que vem sendo veiculada e debatida recorrentemente desde a assinatura do Protocolo de Kyoto, cuja temática foi retomada nos painéis da Rio+20 conduzidos em 2012 (*United Nations Conference on Sustainable Development*).

O avanço tecnológico brasileiro na produção de etanol remonta à década de 70. A partir da crise do petróleo em 1973, agentes do setor público e privado intensificaram os esforços na busca de fontes alternativas e renováveis de energia no país. Com este propósito o Programa Nacional do Álcool ("PROALCOOL") foi criado, e proporcionou suporte financeiro para implantação e ampliação do parque industrial, desenvolvimento tecnológico do setor e consolidação da cadeia de abastecimento de etanol. Graças a esse programa, o Brasil viabilizou a produção e utilização em larga escala de um combustível renovável que não depende do suprimento internacional do petróleo, e tornou-se líder na produção de etanol por vários anos.

O amadurecimento tecnológico do setor levou o país a uma posição de vanguarda, firmando a cadeia produtiva da cana-de-açúcar e conquistando capacidade de prover em larga escala biocombustível renovável a preços competitivos.

Estudo recente realizado pela *European Commission* (2012) estimou a emissão de gás carbônico (CO₂) decorrente da produção de cimento e uso de combustível fóssil por diferentes países. Os resultados conferem ao Brasil posição de destaque, como uma das economias que apresentam menor emissão per capita de CO₂. Os autores advogam que a baixa emissão de CO₂ se deve em grande parte a ampla participação da hidroeletricidade e biocombustíveis na matriz energética nacional. Dados divulgados pelo relatório apontam que o setor rodoviário consumiu no último ano 2,11 TJ¹ de energia por habitante procedente de biocombustíveis, enquanto a União Européia revelou taxa de 1,13 TJ por habitante, quantidade notadamente inferior ao consumo per capita de bioenergia no país.

Também merece destaque o grau de amadurecimento do mercado de etanol. O país foi pioneiro na produção de motores com tecnologia *flexfuel*, que podem ser abastecidos tanto com gasolina como com etanol, e esse marco alavancou o consumo do biocombustível no mercado doméstico. Segundo dados da ANFAVEA (2010), do total de automóveis de passeio vendidos em 2009, fração de 95,4% saiu equipada com motor *flex*.

O crescimento da frota flex e a manutenção da competitividade do preço do etanol em relação ao da gasolina fizeram com que as vendas do etanol hidratado quintuplicassem em cinco anos. Desde abril de 2008, a venda mensal de etanol (somados o hidratado e o anidro) superou a de gasolina pura - um marco inédito e admirado no mundo. Graças a esse feito, pode-se afirmar que no Brasil o "combustível alternativo" hoje é a gasolina (JANK, 2010, p. 11).

Estimativas realizadas por Milanez et. al (2010) projetam para o ano de 2019 crescimento do consumo de etanol carburante no mercado doméstico, que pode atingir 62 bilhões de litros e exportação total próxima a 14 bilhões de litros. Tais projeções correspondem a acréscimo de 176% em relação à produção observada no ano safra 2009/2010 - 27,5 bilhões de litros.

¹ Tera Joule (Unidade de energia)

Cabe frisar que as expectativas de expansão desse mercado devem ser analisadas com ressalvas, haja vista que a margem de lucro das usinas de cana-de-açúcar para fins de produção de etanol vem achatando nos últimos anos. Além do aumento dos custos de produção, especialistas advogam que grande parcela da perda de lucratividade decorre da política de controle de preços da gasolina. Como o governo brasileiro mantém os preços do combustível artificialmente baixo e estável em relação ao mercado internacional, o preço de paridade que viabiliza o consumo de etanol nos postos também deve se situar em patamares inferiores, condição que diminui a receita do setor.

Jank (2012) também alerta para distorções causadas pela política fiscal e ressalta que os impostos que recaíam sobre a gasolina diminuiu de 47% para 35% do valor do combustível. No caso do etanol, os impostos atingem 31% do preço na bomba. Embora a taxa aplicada sobre o etanol seja menor, deve-se considerar que o biocombustível apresenta menor conteúdo energético. Deste modo, a gasolina acaba sendo menos tributada se compararmos os dois produtos em termos de equivalente gasolina. Segundo o autor, o PIB gerado pelo setor produtivo do etanol, próximo a U\$ 48,00 bilhões, poderia dobrar até 2020 caso o governo deixasse de controlar artificialmente o preço da gasolina.

Mesmo que freada pelo teto de valor para o etanol estabelecido pela política de controle artificial dos preços, além do elevado peso dos tributos, a produção desse biocombustível apresenta potencial para ampliação do *Market Share* no consumo de combustíveis para veículos de ciclo Otto. Ademais, esse mercado em sua totalidade vem expandindo com o aumento das vendas de veículos novos e crescimento econômico do país.

Milanez et al. (2012) mostra que entre 2008 e 2011 ocorreu um descompasso entre o crescimento da demanda potencial por etanol e a oferta efetiva do biocombustível, que ficou estagnada em razão da escassez de novos investimentos no setor sucroenergético. Como consequência mais visível, ocorreu aumento dos preços do etanol no mercado nacional e a necessidade de importação de volume superior a quatrocentos milhões de litros de etanol pelo país na entressafra de 2011. Adicionalmente, os autores ressaltam que no período, em resposta ao aumento dos preços do biocombustível, o consumo de gasolina cresceu e a demanda pelo combustível fóssil foi maior que a capacidade de

refino, ocasionando fluxos de importação de gasolina e trazendo impactos negativos à balança comercial.

Segundo notícia veiculada pela Agência Estado (2012) o Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia, Marcos Antônio Martins Almeida, pronunciou que considera o crescimento do consumo de combustíveis no país bastante expressivo e projeta que o país terá que importar 12 bilhões de litros de gasolina em 2020 se não houver acréscimo da oferta de etanol. Tal lacuna no abastecimento de combustíveis causa grande preocupação, já que resultaria em desembolsos próximos a R\$ 58,00 bilhões com importação de gasolina. Esse cenário claramente se mostra um contrassenso, haja vista que esse déficit poderia ser suprido mediante expansão da produção doméstica de etanol, atraindo novos investimentos para o setor, gerando novos empregos, estimulando o consumo de um combustível com menor impacto ambiental, ao invés de gastar divisas para fins de importação de gasolina.

Além do potencial para ampliação do mercado de etanol, o setor sucroenergético vem passando por um período de crescimento da demanda mundial por açúcar. Dados da UNICA (2012) revelam que a oferta de açúcar no país cresceu em média 6,5% ao ano entre a safra 2000/2001 e a safra 2011/2012, acumulando acréscimo total de aproximadamente 87% no período.

Setten (2010) menciona sobre a vitória do Brasil, Austrália e Tailândia junto à Organização Mundial de Comércio (OMC) contra a União Européia (EU), que trouxe desdobramentos comerciais importantes para as exportações brasileiras, como a limitação das exportações subsidiadas de açúcar pelos países europeus. Esse cenário implicou novos rearranjos dos fluxos de exportação e fomentou a livre concorrência no mercado internacional.

Nunes (2010) ressalta mais um fator que estimulou às exportações brasileiras de açúcar, ao mencionar sobre a recorrência de condições climáticas impróprias para a produção agrícola na Índia em tempos recentes, enfraquecendo a produção de açúcar desse importante concorrente brasileiro.

Em paralelo à expansão dos mercados tradicionais de açúcar e etanol, cabe mencionar que o setor sucroenergético vem direcionando investimentos com o objetivo de

desenvolver o potencial de cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar nas caldeiras das usinas. A exportação de energia elétrica excedente para a rede de distribuição já é uma realidade para expressivo conjunto de unidades. Ademais, a tendência de aumento dos preços de energia elétrica puxado pelo crescimento econômico e industrial do país cria expectativas de um cenário com condições de preço favoráveis à comercialização da energia excedente proveniente das usinas. Segundo Castro et al. (2009), considerando aproveitamento do bagaço e da palha, estima-se que o setor sucroenergético possui potência para geração de energia elétrica próxima a 9.642 MW, e estimam que o potencial saltaria para 14.379 MW em 2020/21, caso a moagem de cana-de-açúcar atinja 1038 milhões de toneladas por safra até essa data.

A diversificação do mercado sucroenergético não se limita ao panorama exposto, o setor está fomentando inovações tecnológicas que ampliam o leque de negócios para seus produtos e co-produtos. Importantes *players* vêm investindo para viabilizar a produção de diesel a partir da cana-de-açúcar, etanol de segunda geração, fabricação de plásticos biodegradáveis derivados do etanol, uso do etanol para fins de aviação comercial, dentre uma série de novas tecnologias que podem agregar valor à produção do setor e fortalecer as condições para o desenvolvimento sustentável do país.

Face ao cenário exposto, agentes do setor vem manifestando perspectivas de expansão e estão buscando atrair investimentos nacionais e internacionais para construção de novas usinas no Brasil. Segundo Acorssi (2007) em 2007 o Brasil contava com 357 usinas em funcionamento sendo que o cadastro do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (2010) já contabilizava 432 unidades produtoras de açúcar e etanol em 2010.

A expansão do setor vem conduzindo as usinas de produção de etanol para além das tradicionais regiões de produção. Segundo informações veiculadas pela mídia especializada, a ETH Bioenergia administrada pelo Grupo Odebrecht pretende investir R\$ 5 bilhões na criação de três pólos produtivos, localizados em São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás (Canal da Cana, 2012).

Esse panorama de ampliação das fronteiras do setor bioenergético acarreta pulverização da produção, e realça a crescente dependência do setor quanto à existência de uma

infraestrutura de transporte eficiente e sistema logístico de baixo custo, de forma a viabilizar o escoamento da produção a preços competitivos. Muitas das novas regiões de produção ainda apresentam uma infraestrutura de transporte bastante escassa, existindo na maioria das vezes apenas a alternativa de transporte rodoviária. É fato que a concretização de um sistema de transporte de menor custo para a movimentação do setor depende da maior participação de outras modalidades de transporte que sejam mais competitivas para a movimentação de grandes quantidades em rotas de longas distâncias, como o modal dutoviário, hidroviário e ferroviário.

Com euforia, vêm sendo anunciados novos projetos de infraestrutura de transporte pelo Governo Federal e também por importantes *players* do setor. Dentre estes, merecem destaque as ferrovias Norte-Sul, Integração Centro-Oeste e Integração Oeste-Leste. Ademais, cabe ressaltar o projeto dutoviário da Uniduto e a duplicação do trecho ferroviário entre Itirapina (SP) a Santos (SP) - conduzido pela Rumo Logística e América Latina Logística (ALL), sendo recentemente inaugurado o terminal de Itirapina. Tais projetos, quando concluídos, ampliarão a disponibilidade de alternativas intermodais de transporte no país, em particular, nas regiões de fronteira agrícola, proporcionando modais de menor custo para o escoamento da safra e maior competitividade para a produção agrícola, incluindo o setor bioenergético.

O setor sucroenergético vem buscando atrair recursos com o objetivo de diversificar os produtos comerciais derivados da cana-de-açúcar, contudo, grande parcela do crescimento projetado para o setor na próxima década vem sendo justificada pela ampliação do mercado doméstico de etanol e crescimento da demanda internacional pelo açúcar brasileiro.

Nossa produção está em 550 milhões de toneladas de cana. Para atendermos a demanda da frota de veículos flex, de 50% do mercado mundial de açúcar - que é a participação do Brasil - e ainda uma exportação de 13 bilhões de litros de etanol que estimamos para 2020, nossa produção de cana terá que dobrar até a safra 2020/2021 e chegar a 1,2 bilhão de toneladas (JANK, 2012, p. 2).

Face à expectativa de expansão do setor, ressalta-se que a identificação das localidades com maior competitividade logística para implantação de novos canaviais é uma informação de grande valia para o setor já que proporciona um norte para organizar o processo de ampliação do setor sucroalcooleiro em busca de uma distribuição espacial

racional para a produção de açúcar e etanol, da ótica de minimização dos custos logísticos.

Ademais, espera-se que tanto a expansão territorial da oferta sucroalcooleira como as alterações da rede intermodal promovam mudanças na dinâmica dos fluxos de transporte de açúcar e etanol nos próximos anos. Adicionalmente, a simulação e alocação ótima das cargas entre as origens e destinos oferece informações de grande relevância para fins de planejamento da rede logística do setor.

1.2 OBJETIVOS

Essa Tese tem como objetivo principal avaliar a distribuição espacial ótima da produção futura de cana-de-açúcar que propiciaria a minimização do custo de transporte e ampliaria a receita líquida do setor, considerando o mercado sucroenergético projetado para 2020/2021. Para auxiliar as análises, almeja-se desenvolver um modelo matemático de programação mista, baseado nos moldes conceituais dos Modelos de Equilíbrio em Rede e nos Modelos de Equilíbrio Espacial.

A partir do ferramental desenvolvido pretende-se simular o comportamento dos fluxos de açúcar e etanol mediante configurações distintas da malha intermodal de transporte brasileira. Dessa forma, objetiva-se avaliar se os projetos intermodais que vêm sendo anunciados pelo Governo Federal e *players* do segmento, quando prontos, apresentariam potencial para captação de cargas sucroalcooleiras e também se proporcionariam ganhos logísticos relevantes para o setor.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A Tese está alicerçada sobre cinco seções, nomeadas: Revisão de Literatura, Material e Métodos, Resultados e Discussões, Conclusões e Referências Bibliográficas.

A seção Revisão de Literatura se propõe a caracterizar o mercado sucroenergético, assim como discorrer sobre as perspectivas que recaem sobre o setor. Ademais, almeja traçar um panorama a despeito das condições atuais do setor de transporte de cargas e dos projetos infraestruturais em curso. Apresenta, por fim, ampla revisão sobre o Estado da Arte dos modelos de localização e uso da terra, além dos modelos utilizados para otimização de fluxos inter-regionais de mercadorias.

Na sequência, a seção Material e Métodos apresenta de forma detalhada a lógica e estrutura matemática do modelo de otimização, e discorre sobre as fontes dos dados e método de cálculo dos parâmetros utilizados na modelagem. Também caracteriza os cenários de análise que vão organizar avaliação dos resultados.

A apresentação detalhada dos resultados assim como a interpretação e o encadeamento de discussões sobre as principais implicações do estudo estão reunidos na parte nomeada Resultados e Discussões.

A próxima seção divulga as conclusões e recomendações decorrentes da análise crítica e interpretação dos resultados. Nesse trecho almeja-se explorar e sumarizar os resultados com foco nos objetivos da Tese e divulgar as principais recomendações derivadas do desenvolvimento de todo o trabalho.

Por fim, toda citação indicada no corpo do trabalho é endereçada através das Referências Bibliográficas.

2.1 O MERCADO SUCROENERGÉTICO

2.1.1 Análise da oferta e demanda de açúcar e etanol no Brasil

O ritmo de investimentos em novas usinas de cana-de-açúcar será amparado sobretudo pela expansão do mercado sucroenergético. No caso do etanol existe uma grande expectativa em relação ao crescimento do consumo doméstico e no caso do açúcar, especialistas veem apostando no aumento das exportações para atender o crescimento da demanda no mercado internacional. Ao longo dessa seção pretende-se fazer uma análise das condições atuais da oferta e demanda de açúcar e etanol, assim como discutir sobre as perspectivas futuras a respeito do setor em longo prazo.

Os dados de produção e a evolução da oferta de cana-de-açúcar, etanol e açúcar entre o ano safra 2001/2002 e 2011/2012 são apresentados no Quadro 2.1, que traduz o ritmo de expansão do mercado sucroalcooleiro ao longo das últimas dez safras. Durante o período observou-se crescimento médio da produção próximo a 6,7% ao ano, que conduziu a oferta de cana do patamar de 293 milhões de toneladas no ano safra 2001/2002 para 559 milhões de toneladas na safra 2011/2012 - crescimento total de 90,7%. Nesse intervalo, a produção de açúcar cresceu em proporções semelhantes à expansão da cana-de-açúcar, saltando de 19 milhões de toneladas para o patamar de 36 milhões de toneladas, assim como a oferta de etanol, que migrou de 12 milhões de metros cúbicos para 23 milhões de metros cúbicos.

	UF	Cana-de-açúcar			Açúcar			Etanol		
		mil toneladas			mil toneladas			mil m³		
		01/02	11/12	Δ^1 (%)	01/02	11/12	Δ^1 (%)	01/02	11/12	Δ^1 (%)
Região Centro-Sul	ES	2.011	4.180	7,6%	23	122	18,2%	131	224	5,5%
	GO	8.782	45.220	17,8%	506	1.752	13,2%	379	2.677	21,6%
	MT	10.673	13.154	2,1%	448	398	-1,2%	580	844	3,8%
	MS	7.744	33.860	15,9%	328	1.588	17,1%	397	1.631	15,2%
	MG	12.205	49.846	15,1%	747	3.242	15,8%	524	2.087	14,8%
	PR	23.076	40.506	5,8%	1.351	3.008	8,3%	960	1.402	3,9%
	RJ	3.073	2.174	-3,4%	219	130	-5,1%	65	76	1,6%
	RS	80	95	1,7%	0	0	0,0%	5	7	2,2%
	SC	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	SP	176.574	304.230	5,6%	12.350	21.068	5,5%	7.135	11.598	5,0%
Região Norte-Nordeste	AC	0	53	0,0%	0	0	0,0%	0	3	0,0%
	AL	23.125	27.704	1,8%	1.678	2.348	3,4%	562	672	1,8%
	AP	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	AM	201	287	3,6%	14	15	0,9%	3	6	9,2%
	BA	2.048	2.557	2,2%	143	124	-1,4%	54	118	8,0%
	CE	74	120	5,0%	6	0	-100,0%	1	8	21,6%
	MA	1.094	2.266	7,6%	12	9	-2,8%	75	177	9,0%
	PA	283	666	8,9%	0	15	0,0%	25	39	4,6%
	PB	4.001	6.723	5,3%	115	270	9,0%	227	357	4,7%
	PE	14.351	17.635	2,1%	1.104	1.481	3,0%	262	357	3,1%
	PI	274	992	13,7%	0	60	0,0%	19	37	7,2%
	RN	2.065	2.973	3,7%	117	201	5,6%	80	106	2,8%
	RO	0	157	0,0%	0	0	0,0%	0	12	0,0%
	RR	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	SE	1.317	2.011	4,3%	56	90	4,9%	52	97	6,4%
	TO	0	1.366	0,0%	0	0	0,0%	0	111	0,0%
CS		244.218	493.264	7,3%	15.972	31.308	7,0%	10.176	20.546	7,3%
NNE		48.832	65.511	3,0%	3.246	4.614	3,6%	1.360	2.102	4,5%
Brasil		293.051	558.775	6,7%	19.218	35.922	6,5%	11.536	22.648	7,0%

¹Corresponde à taxa anual de crescimento médio entre o ano safra 2001/2002 e 2011/2012

Quadro 2.1 - Produção brasileira, estadual, por região e taxa de evolução média anual da produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol entre o ano safra 2001/2002 e 2011/2012

Fonte: elaborado pelo autor com base em UNICA (2012)

Nesse período, segundo UNICA (2012) referenciando dados do IBGE, a área colhida com cana-de-açúcar saltou de 4,96 milhões de hectares para 9,1 milhões de hectares, acréscimo de 83,0% nas áreas de canaviais. Merece destaque a expansão da área com cana-de-açúcar colhida nos estados de SP, MG, GO e PR, localizados na região Centro-Sul. No caso da região Norte-Nordeste, ressalta-se o acréscimo de área no RN, MA, SE, PB, PE e BA. Vide Quadro 2.2.

Ao analisar a área colhida de cana, a região Centro-Sul exibiu taxa anual de crescimento igual a 7,3% ao ano, semelhante à taxa de crescimento da produção de cana-de-açúcar. Dessa ótica, note-se que a produtividade da região CS mostrou-se estável no período, ao redor de 63 toneladas/hectare.

	UF	Cana-de-açúcar			Área			
		mil toneladas			hectares (ha)			
		01/02	11/12	Δ^2 (%)	01/02	11/12	Δt^1 (ha)	Δ^2 (%)
Região Centro-Sul	ES	2.011	4.180	7,6%	46.684	81.393	34.709	5,7%
	GO	8.782	45.220	17,8%	130.229	579.589	449.360	16,1%
	MT	10.673	13.154	2,1%	166.510	212.498	45.988	2,5%
	MS	7.744	33.860	15,9%	99.673	399.408	299.735	14,9%
	MG	12.205	49.846	15,1%	294.178	746.527	452.349	9,8%
	PR	23.076	40.506	5,8%	338.013	625.885	287.872	6,4%
	RJ	3.073	2.174	-3,4%	162.021	133.286	-28.735	-1,9%
	RS	80	95	1,7%	31.290	35.934	4.644	1,4%
	SC	0	0	0,0%	16.933	9.511	-7.422	-5,6%
	SP	176.574	304.230	5,6%	2.567.178	4.986.634	2.419.456	6,9%
Região Norte-Nordeste	AC	0	53	0,0%	239	1.999	1.760	23,7%
	AL	23.125	27.704	1,8%	455.643	433.725	-21.918	-0,5%
	AP	0	0	0,0%	90	130	40	3,7%
	AM	201	287	3,6%	4.145	5.407	1.262	2,7%
	BA	2.048	2.557	2,2%	79.678	96.743	17.065	2,0%
	CE	74	120	5,0%	33.651	43.024	9.373	2,5%
	MA	1.094	2.266	7,6%	21.524	50.477	28.953	8,9%
	PA	283	666	8,9%	5.884	10.891	5.007	6,4%
	PB	4.001	6.723	5,3%	98.177	123.691	25.514	2,3%
	PE	14.351	17.635	2,1%	339.350	361.253	21.903	0,6%
	PI	274	992	13,7%	6.942	12.841	5.899	6,3%
	RN	2.065	2.973	3,7%	34.741	65.320	30.579	6,5%
	RO	0	157	0,0%	504	3.824	3.320	22,5%
	RR	0	0	0,0%	354	420	66	1,7%
	SE	1.317	2.011	4,3%	20.526	46.665	26.139	8,6%
	TO	0	1.366	0,0%	3.740	9.780	6.040	10,1%
CS		244.218	493.264	7,3%	3.852.709	7.810.665	3.957.956	7,3%
NNE		48.832	65.511	3,0%	1.105.188	1.266.190	161.002	1,4%
Brasil		293.051	558.775	6,7%	4.957.897	9.076.855	4.118.958	6,2%

Quadro 2.2 - Produção brasileira, estadual, por região da produção de cana-de-açúcar e área plantada entre o ano safra 2001/2002 e 2011/2012, com as respectivas taxas de crescimento anual

¹ Corresponde à variação da área plantada em hectares de cana-de-açúcar entre o ano safra 2001/2002 e 2011/2012

²Corresponde à taxa anual de crescimento entre o ano safra 2001/2002 e 2011/2012

Fonte: elaborado pelo autor com base em UNICA (2012)

No caso da região Norte-Nordeste, a expansão da área colhida aconteceu a taxas de 1,4% ao ano, e a produção dos canaviais aumentou 3,0% por ano, o que indica ganho de produtividade na região NNE, que elevou-se de 44 toneladas/hectare no ano safra 2001/2002 para 52 toneladas/hectare na safra 2011/2012.

A produção nacional de etanol na safra 2011/2012 atingiu 22.648 mil m³, sendo 8.593 mil m³ de etanol anidro e 14.055 m³ de etanol hidratado, e desse total as exportações somaram 1.474 mil m³ - segundo UNICA (2012). A Figura 2.1 reúne informações sobre a distribuição da produção estadual de etanol e a Figura 2.2 apresenta o mapa com a produção municipal de etanol.

Em relação à distribuição espacial da produção de etanol, destaca-se que aproximadamente 92% da oferta desse produto está concentrada nos estados de SP, GO, MG, MS, PR, MT e AL. A análise preliminar dessa distribuição sugere que uma possível expansão do consumo do biocombustível nas regiões que atualmente revelam baixa demanda conduziria a oferta para um perfil de distribuição mais pulverizado e mais equilibrado entre os estados, de forma a minimizar as distâncias percorridas até as bases de distribuição.

Figura 2.1 - Participação da oferta estadual de etanol em relação à produção nacional
Ano safra 2011/2012
Fonte: UNICA (2012)

Figura 2.2 - Mapa com a produção municipal de etanol
Fonte: elaborado a partir de dados do Anuário da Cana (2010)

A respeito do potencial de consumo atual e futuro de etanol no país, primeiramente, cabe mencionar sobre a introdução dos veículos com tecnologia *flexfuel* no mercado de veículos leves. Esse tipo de tecnologia começou a equipar em larga escala os veículos comercializados no país a partir de 2003, ocasionando rápida expansão do mercado potencial de etanol no país. Os carros *flexfuel* podem ser abastecidos tanto com etanol como com gasolina e por isso tiveram grande aceitação no mercado nacional. Os veículos movidos exclusivamente a etanol até então comercializados no país já estavam em descrédito, haja vista que vários usuários desse tipo de veículo vivenciaram sérias crises de abastecimento de etanol no país.

Desde então, a participação dos veículos equipados com tecnologia *flexfuel* nas vendas nacionais vem crescendo de forma acelerada, conforme Figura 2.3. Note-se que em 2011 o número de veículos *flex* vendidos abrangeu 88% dos licenciamentos de veículos de ciclo *Otto* no período.

Figura 2.3 - Licenciamento anual de veículos novos de ciclo Otto no Brasil (mil unidades)
Fonte: UNICA (2012) com base em dados da ANFAVEA

A partir desse marco tecnológico, as vendas em larga escala de veículos *flexfuel* nas concessionárias vêm substituindo paulatinamente os veículos movidos exclusivamente à

gasolina ou etanol, e ampliando a parcela de automóveis bicomcombustível na frota nacional. Os dados apresentados na Figura 2.4 revelam que a fração dos carros *flex* saltou de 6% em 2005 para 51% em 2011, enquanto no mesmo período a frota de veículos movidos à gasolina encolheu de 82% para 45%. No caso dos veículos movidos exclusivamente a etanol, a participação diminuiu de 12% em 2005 para 4% em 2011.

Figura 2.4 - Participação dos carros movidos a gasolina, etanol e *flexfuel* na frota de veículos de ciclo *Otto* no Brasil, nos anos de 2005 e 2011 (%)
 Fonte: UNICA (2012) com base em dados da ANFAVEA

Estudo da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2010) observa que além do rápido avanço da frota de automóveis *flexfuel*, o crescimento econômico do país observado na última década vem alavancando as vendas de veículos leves – carros de passeio e comerciais leves – cujas vendas aumentaram a uma taxa média anual de 15,1%, entre os anos de 2003 e 2009. A combinação dos dois fatores, tanto o crescimento do *share* de veículos *flex* como a expansão da venda de veículos de passeio, eleva as expectativas em relação à expansão do mercado potencial do etanol no país.

EPE (2010) advoga que o acréscimo nas vendas de veículos leves pode ser justificado pelo aumento da renda, do crédito e do consumo das famílias brasileiras observado nos últimos anos, além da política de redução de IPI seguida pelo governo brasileiro com o objetivo de amenizar os efeitos da crise mundial iniciada em 2008. Estimativas realizadas por EPE (2010b) projetam 37,1 milhões de veículos leves no país em 2017, sendo 24,8% dessa frota movida à gasolina, 1,6% carros a álcool e 73,6% carros *flexfuel*.

É importante ressaltar que em 2012 o governo brasileiro lançou novamente medidas de estímulo voltadas para o setor automobilístico, apoiadas na desoneração fiscal e acesso ao crédito, e demonstra que esforços públicos estão sendo direcionados para evitar que o agravamento da recente crise econômica mundial derrube as vendas de veículos novos no país.

Conforme estudo da EPE (2010), desde o ano de 2003, quando foi introduzido o veículo *flexfuel* no mercado, a demanda por etanol carburante cresceu em média 11,1% ao ano, acumulando um aumento de 107% no período. Os autores ainda ressaltam que mesmo em 2009, quando se observou retração do crescimento econômico e quebra da produção nacional do biocombustível, a demanda de etanol carburante cresceu 7,2%.

O Quadro 2.3 reúne os dados de produção, exportação, assim como das vendas de etanol e gasolina desde o ano safra 2000/2001. Note-se que as vendas de etanol anidro mais etanol hidratado saltaram de 9.768 mil m³ no ano safra 2000/2001 para 19.512 mil m³ em 2011/2012, revelando uma taxa de crescimento média anual de 6,5%. A soma das vendas de gasolina tipo C (GAS C) mais as vendas de etanol hidratado (EH) representa o volume total de combustível consumido por veículos de ciclo *Otto* no país. Ao longo do período analisado, as vendas de GAS C + EH cresceram em média 5,2% ao ano, taxa que representa o ritmo de crescimento do consumo de combustíveis no mercado de veículos leves – veículos de ciclo *Otto* – no decorrer da última década.

Ao converter o volume de etanol consumido em 2000/2001 em volume equivalente de gasolina², chega-se a 8.524 mil m³, parcela de 29,0% do consumo total de combustível expresso em equivalente gasolina. Note-se em 2011/2012 o volume de etanol expresso em equivalente gasolina atinge 32,0% do consumo total. Essa variação reflete o avanço e ganho de mercado desse biocombustível na venda de combustíveis para veículos de ciclo *Otto* no país.

² Para conversão do volume de etanol em equivalente de gasolina, considerou-se a relação: 0,7 L de etanol hidratado / 1 L de gasolina C

Ano/Safra	Produção Etanol ¹ 10 ³ m ³	Exportação Etanol ² 10 ³ m ³	EH ³ 10 ³ m ³	EA ⁴ 10 ³ m ³	(EH + EA) ⁵ 10 ³ m ³	Δ ET ⁶ %	GAS A ⁷ 10 ³ m ³	GAS C + EH ⁸ 10 ³ m ³	Δ GAS C + EH ⁹ %
2000/2001	10.593	95	4.144	5.624	9.768		22.497	32.265	
2001/2002	11.536	545	3.391	5.600	8.991	-8,0%	22.400	31.391	-2,7%
2002/2003	12.623	806	3.726	5.454	9.179	2,1%	21.815	30.994	-1,3%
2003/2004	14.809	1.072	3.628	5.656	9.284	1,1%	22.625	31.909	3,0%
2004/2005	15.417	2.583	4.464	5.817	10.281	10,7%	23.268	33.549	5,1%
2005/2006	15.924	2.510	5.089	5.928	11.017	7,2%	23.714	34.731	3,5%
2006/2007	17.710	3.831	6.960	6.024	12.984	17,9%	24.096	37.080	6,8%
2007/2008	22.422	3.631	10.774	6.126	16.900	30,2%	24.503	41.403	11,7%
2008/2009	27.513	4.684	14.450	6.307	20.757	22,8%	25.228	45.985	11,1%
2009/2010	25.694	2.949	15.437	6.802	22.240	7,1%	27.210	49.450	7,5%
2010/2011	27.376	1.903	14.594	7.811	22.404	0,7%	31.242	53.646	8,5%
2011/2012	22.648	1.924	10.334	9.178	19.512	-12,9%	36.712	56.224	4,8%
Média de variação anual						6,5%			5,2%

¹ Produção nacional de etanol hidratado mais etanol anidro, segundo dados da UNICA (2012)

² Exportação nacional de etanol hidratado mais etanol anidro, segundo dados da UNICA (2012) com base em informações da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX)

³ Vendas de etanol hidratado, segundo dados da Agência Nacional de Petróleo - ANP (2012)

⁴ Vendas de etanol anidro, estimadas pela produção de etanol menos as exportações menos a produção de etanol hidratado - UNICA (2012)

⁵ Soma das vendas de etanol anidro mais etanol hidratado, rotulado como etanol total (ET)

⁶ Variação anual percentual das vendas de etanol total (ET) a partir do ano safra 2000/2001

⁷ Vendas de gasolina tipo A, estimadas considerando fração de 75% das vendas de gasolina tipo C, segundo dados da Agência Nacional de Petróleo - ANP (2012)

⁸ Soma das vendas de gasolina tipo C mais etanol hidratado

⁹ Variação anual percentual das vendas de gasolina tipo C + etanol hidratado, a partir do ano safra 2000/2001

Quadro 2.3 – Produção e exportação anual de etanol, vendas de etanol anidro, etanol hidratado e gasolina tipo A, entre o ano safra 2000/2001 e 2011/2012

Fonte: elaborado pelo autor

Segundo Milanez et al. (2010), o mercado brasileiro de etanol ganha uma nova feição com ascensão do veículo *flexfuel*, tecnologia que amplia o potencial de consumo de etanol atualmente no país e projeta um cenário de crescimento sustentável da demanda pelo combustível no horizonte de longo prazo.

Os autores argumentam que embora as vendas de etanol tenham crescido de forma positiva nos últimos anos, é importante destacar que algumas regiões com grande potencial de consumo de combustíveis ainda não absorvem etanol hidratado em grandes volumes. Essa limitação do consumo pode ser explicada pela dificuldade logística para suprimento de alguns mercados com etanol a preços competitivos. Em outras palavras, o

etanol hidratado entregue nas bases das regiões mais remotas acaba encarecido pelas longas distâncias, atinge valor superior ao preço de paridade³ e oferece preços pouco atrativos para consumo.

Os dados contidos no Quadro 2.4 corroboram os argumentos discutidos. O conjunto de informações apresenta a relação entre preço médio de venda do etanol hidratado dividido pelo preço médio de venda da gasolina tipo C em cada estado (A), desde 2002 até 2011. Também divulga a relação entre volume de vendas de etanol hidratado convertido em equivalente gasolina e o volume total de vendas de combustíveis para veículos de ciclo Otto convertido em equivalente gasolina (B).

Destaca-se que os preços de vendas de etanol hidratado praticados nos estados das regiões Norte e Nordeste são predominantemente superiores ao preço de paridade, ou seja, são maiores que 70% do preço da gasolina tipo C. A menor atratividade do etanol hidratado nessas regiões explica as vendas desse combustível predominantemente em proporções menores que 20% do consumo total de combustíveis para veículos de ciclo Otto na região.

Os estados das regiões Centro-Oeste e Sudeste revelam comportamento oposto, haja vista que o etanol hidratado frequentemente é negociado a valores menores que o preço de paridade, acarretando vendas de etanol hidratado em patamares superiores a 20% do consumo total de combustível.

No caso da região Sul, o estado do Paraná apresenta preços competitivos e proporções das vendas de etanol hidratado semelhantes aos estados do Sudeste e Centro-Oeste. Já os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, apresentam preços de vendas de etanol hidratado próximo ao preço de paridade, portanto, os volumes comercializados desse combustível atingem menores proporções.

³ Entende-se como preço de paridade o preço abaixo do qual o etanol começa a se tornar atrativo para o consumidor. De forma simplificada, adota-se preço de paridade igual a 70% do preço da gasolina.

Região	UF	2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		
		A ¹	B ²	A ¹	B ²	A ¹	B ²	A ¹	B ²	A ¹	B ²	A ¹	B ²	A ¹	B ²	A ¹	B ²	A ¹	B ²	A ¹	B ²	C ³
NE	AL	61	7	65	8	61	9	65	10	70	13	63	18	65	25	66	29	72	18	80	11	32
	BA	67	4	75	4	70	4	72	5	70	6	65	11	65	20	66	26	69	22	76	10	32
	CE	67	6	75	5	66	5	69	5	71	8	66	12	71	15	71	16	72	12	78	8	30
	MA	71	3	82	2	78	2	78	3	76	4	69	9	68	17	68	20	74	11	83	4	27
	PB	63	6	71	8	68	8	70	8	73	8	69	13	72	16	70	18	76	12	82	7	30
	PE	62	6	69	5	64	7	67	9	70	11	62	16	65	22	65	27	71	20	79	10	32
	PI	74	8	80	7	76	6	79	6	84	5	75	6	74	7	73	8	79	4	86	3	26
	RN	66	6	76	5	67	6	71	7	72	8	65	15	70	18	71	17	73	12	82	7	30
	SE	70	8	75	6	69	6	75	5	80	5	75	6	73	9	69	15	74	10	81	6	28
	Média	67	6	74	6	69	6	72	6	74	7	68	12	69	17	69	20	73	13	81	7	30
NO	AC	70	6	75	6	75	5	73	5	77	5	71	7	71	9	71	10	81	7	80	5	28
	AM	70	3	80	3	73	3	71	4	80	3	72	6	73	9	71	12	78	8	82	5	28
	AP	74	2	85	1	82	1	82	1	85	1	82	1	82	2	74	6	77	5	82	3	26
	PA	72	2	86	2	82	2	82	2	87	2	81	2	78	4	76	5	77	5	83	3	26
	RO	66	7	73	6	67	5	71	5	78	4	71	7	69	12	69	15	75	9	80	5	28
	RR	80	1	87	1	78	1	80	1	78	2	78	3	80	3	80	3	82	2	86	2	25
	TO	68	8	70	7	62	7	65	7	74	7	64	12	64	18	63	22	67	16	73	10	31
	Média	72	4	79	4	74	3	75	4	80	3	74	6	74	8	72	10	76	7	81	5	28
CO	DF	71	10	72	9	71	7	72	7	73	7	66	13	72	14	69	18	74	9	78	6	28
	GO	61	13	66	12	62	12	62	11	65	16	58	26	62	32	61	36	62	35	69	28	45
	MS	63	13	69	12	64	13	65	14	70	13	64	18	64	25	65	28	69	21	76	12	33
	MT	62	15	66	8	62	10	63	12	68	12	52	18	52	35	53	44	62	43	68	33	49
	Média	64	13	68	10	64	11	65	11	69	12	60	19	62	26	62	32	67	27	73	20	40
SE	ES	63	6	65	5	59	6	66	8	75	6	69	9	67	17	70	19	76	9	83	5	28
	MG	63	11	71	10	65	10	69	10	77	9	69	13	67	19	68	22	74	14	77	9	31
	RJ	62	5	66	4	61	4	67	7	73	9	67	13	66	23	67	27	71	22	79	14	35
	SP	52	14	57	13	49	20	53	20	58	27	53	35	53	42	55	47	62	44	71	32	49
	Média	60	9	64	8	58	10	64	11	71	13	64	18	63	25	65	29	70	22	77	15	43
S	PR	55	15	60	15	56	19	61	17	66	18	59	23	58	27	59	34	64	33	73	19	39
	RS	67	6	70	6	64	6	70	7	79	6	69	7	69	10	70	11	77	6	86	3	27
	SC	64	9	68	8	63	8	67	8	71	8	67	11	67	16	68	19	76	10	86	4	27
	Média	62	10	66	10	61	11	66	11	72	11	65	14	65	18	66	22	72	17	82	9	31

¹ Números assinalados de vermelho compreendem a valores maiores que 70, assinalados de alaranjado são valores entre 60 e 70 e assinalados de verde envolvem valores menores do que 60.

² Números assinalados de vermelho correspondem a valores menores do que 10, assinalados de alaranjado correspondem a valores entre 10 e 20 e assinalados de verde correspondem a valores menores do que 60.

³ Números assinalados de vermelho correspondem a valores menores do que 30, assinalados de alaranjado correspondem a valores entre 30 e 40 e assinalados de verde correspondem a valores menores do que 40.

Quadro 2.4 - Relação entre o preço médio do etanol hidratado e preço médio da gasolina C (A) e relação entre o volume vendido de etanol anidro e volume total vendido de combustível para veículos de ciclo Otto (B), de 2002 a 2011

Fonte: elaborado pelo autor com base em dados de UNICA (2012) e ANP (2012b)

De forma geral, observa-se maior competitividade do etanol hidratado em termos de preço nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, justificada em grande parte em razão da concentração da produção sucroalcooleira nos estados de SP, GO, MG, MS, PR e MT. Ressalta-se que as ofertas desses estados juntas compreendem 89% da produção atual do etanol.

Tal configuração espacial da oferta de etanol no país acaba desfavorecendo o abastecimento das regiões Norte e Nordeste. Cabe ainda frisar que a molécula de etanol carrega menos energia que a gasolina, portanto, o transporte onera mais o etanol do que o combustível concorrente. Para substituir a venda de um dado volume de gasolina C, deve-se entregar volume de etanol hidratado aproximadamente 30% superior, fazendo com que o custo com transporte do biocombustível encareça nessa mesma proporção.

A coluna rotulada como C no Quadro 2.4 traz a relação entre o volume de vendas de etanol total (hidratado e anidro) convertido em equivalente gasolina e o volume total de vendas de combustíveis para veículos de ciclo Otto convertido em equivalente gasolina, correspondente ao ano de 2011. Os dados revelam como ainda há amplo potencial para expansão do mercado doméstico de etanol. Esse panorama sugere que um novo rearranjo espacial da oferta derivado da implantação de novas usinas, assim como uma maior disponibilidade de alternativas de transporte mais competitivas podem favorecer a expansão do mercado doméstico de etanol.

Dados apresentados na Figura 2.5 sustentam argumento de Milanez et al. (2012), que advogam que houve um descompasso entre o crescimento da oferta de etanol e a demanda total por combustível para veículos de ciclo Otto, justificado pela escassez de novos investimentos no setor sucroenergético entre 2008 e 2011. Os autores ressaltam que no período, em resposta ao aumento dos preços do biocombustível, o consumo de gasolina cresceu e a demanda pelo combustível fóssil foi maior que a capacidade de refino, ocasionando fluxos de importação de gasolina e trazendo impactos negativos à balança comercial.

Figura 2.5 - Vendas totais de combustíveis para veículos de ciclo Otto no Brasil, vendas totais de Etanol, Etanol Anidro e Etanol Hidratado, e importação de Gasolina A (valores expressos em equivalente gasolina – metros cúbicos). Dispêndio total com importação de Gasolina A (mil dólares)

Fonte: ANP (2012)

Adotando como pressupostos a demanda atual reprimida por etanol hidratado e a projeção de crescimento do mercado de combustíveis, Milanez et al. (2010) projetam⁴ o consumo de etanol carburante no horizonte de 2010 a 2019, conforme volumes apresentados na Tabela 2.1.

⁴ Principais pressupostos adotados por Milanez et al. (2010) na projeção do mercado de etanol carburante:

“Dados de consumo de combustíveis no ano-base de 2009 são aqueles fornecidos pela ANP; para o tamanho da frota de automóveis, utilizaram-se os dados fornecidos pela Anfavea, pelo Departamento Nacional de Trânsito – Denatran e pelo Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – Sindipeças:

- veículos com motor a etanol: redução de 100% da frota até o fim do período analisado, mantendo-se constante o consumo médio de etanol hidratado por veículo em 2009; admite-se que as vendas internas desses veículos sejam desprezíveis durante todo o período;
- veículos com motor a gasolina: redução de 4,5% ao ano da frota até o fim do período analisado, mantendo-se constante o consumo médio por veículo em 2009 e constante a proporção de 25% de etanol anidro misturado à gasolina; por simplificação, as vendas internas desses veículos foram consideradas desprezíveis durante todo o período;
- veículos com motor flex: crescimento das vendas de 5% ao ano, com base no cenário médio da Anfavea para as vendas internas a partir de 2009; diferentemente de Milanez et al. (2008), optou-se pela construção de um único cenário, no qual 70% da frota flex utiliza etanol hidratado e 30% utilizam gasolina C (com 25% de anidro), mantendo-se constante o consumo médio desses combustíveis por veículo em 2009.”

Segundo a estimativa apresentada pelos autores, as vendas de etanol carburante devem saltar de 25,7 bilhões de litros em 2010 para 62 bilhões de litros em 2019, revelando uma taxa média de crescimento de 9,21% ao ano.

Tabela 2.1- Projeção do consumo de etanol no horizonte de 2010 a 2019 (bilhões de litros)

Mercado	Volume (bilhões de litros)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Hidratado (carro a etanol)	3,9	3,5	3,0	2,6	2,2	1,7	1,3	0,9	0,4	0,0
Hidratado (carro flex)	15,6	19,1	22,8	26,7	30,9	35,2	39,7	44,4	49,4	54,7
Anidro (carro flex)	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3
Anidro (carro a gasolina)	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,7	3,5	3,0
Total	25,7	28,9	32,2	35,8	39,7	43,7	47,9	52,5	57,2	62,0
Variação (%)		12,5%	11,4%	11,2%	10,9%	10,1%	9,6%	9,6%	9,0%	8,4%

Fonte: elaborado com base em Milanez et al. (2010)

Quanto às expectativas em relação ao mercado internacional de etanol de cana-de-açúcar, Pinheiro (2012) observa que o apelo ambiental desse combustível trata-se de importante diferencial que pode alavancar as exportações, haja vista que uso do etanol nos automóveis reduz as emissões de gases causadores do efeito estufa em até 90%, quando comparado à gasolina. Segundo a autora, a União Européia e os Estados Unidos estão estruturando políticas mandatórias para ampliar o consumo de biocombustíveis, dentre os quais o etanol de cana-de-açúcar seria uma alternativa viável e competitiva. Merece destaque a meta estabelecida no *Renewable Fuel Standard (RFS)*, que implica acréscimo de 13,2 bilhões de litros de etanol por ano no consumo Norte Americano até 2020. Assim, considerando que esse potencial de mercado seja abastecido em grande parte pelo etanol brasileiro, a UNICA estima que o Brasil exporte em 2020 por volta de 14 bilhões de litros.

Migrando para análise das condições de oferta e demanda de açúcar no país, a produção observada em 2010/2011 foi 35.922 mil toneladas, que representa um aumento de aproximadamente 87% em relação à produção apurada em 2000/2001, de 19.218 mil toneladas. Da oferta total de açúcar no país, a região Centro-Sul apresenta participação de quase 87%, enquanto parcela de 13% é produzida na região Norte-Nordeste. A Figura 2.6 reúne dados sobre a distribuição da produção de açúcar entre os estados do Brasil, e a Figura 2.7 apresenta mapa com a produção municipal de açúcar.

Ao analisar a distribuição da oferta de açúcar, note-se que os principais estados produtores são SP, MG, PR, AL, GO, MS e PE, sendo que juntos agregam 96% da produção de açúcar.

Figura 2.6 - Participação da oferta estadual de açúcar em relação à produção nacional
Ano safra 2011/2012
Fonte: UNICA (2012)

Figura 2.7 - Mapa da produção de açúcar
Fonte: elaborado a partir de dados do Anuário da Cana (2010)

Ao contrário do etanol, a produção de açúcar é direcionada predominantemente para exportação. Conforme documentado por Pinheiro (2012), o açúcar tem ocupado lugar de destaque como *commoditie* de exportação, já que é o segundo principal produto da pauta de exportação brasileira, ficando atrás apenas da soja. Segundo dados apresentados pela autora, cerca de 70% da produção nacional é destinada para abastecer o consumo no mercado internacional, e as exportações do país têm abastecido aproximadamente 53% da demanda mundial.

Nunes (2010) argumenta que o volume de açúcar exportado nos últimos anos tem sido favorecido por quebras recorrentes da safra na Índia, o que justifica a participação de 18% das importações indianas no volume total remetido ao mercado internacional pelo Brasil. Esta é uma situação bastante atípica, já que historicamente as importações da Índia consomem em média 1% das exportações brasileiras.

As exportações desse produto pelo Brasil atingiram aproximadamente 25 milhões de toneladas na safra 2011/2012. Pinheiro (2012) cita estimativas para o setor sucroenergético em 2020 realizadas pela União da indústria da cana-de-açúcar – UNICA, que indicam acréscimo nas exportações da ordem de 8,9 milhões de toneladas, e incremento de 2,4 milhões de toneladas na demanda doméstica.

Análise semelhante realizada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (2010) estima para a safra 2019/2020 uma exportação de 32,2 milhões de toneladas, e uma produção de 46,70 milhões de toneladas, aproximadamente 50% superior à produção atual.

2.2 SISTEMA DE TRANSPORTE DE CARGAS BRASILEIRO

2.2.1 Caracterização do transporte intermodal no país

É de domínio público que o Governo Brasileiro, a longa data, vem alocando recursos e investimentos insuficientes para garantir competitividade e condições adequadas à infraestrutura de transportes no país. Frischtak (2008) revela que entre os anos de 2001 e 2008 os investimentos públicos e privados direcionados para setor não passaram do nível de 0,65% do PIB. O autor adverte que o Chile e a Colômbia (considerando apenas os aportes direcionados para os setores rodoviário e ferroviário) revelaram taxas de investimento por volta de 1,96% e 0,89% respectivamente. Em 2003, as Filipinas alocaram 1,2% do PIB para o setor, enquanto a Tailândia destinou 3,9%, a China 4,0% e o Vietnã 6,0%. Tais comparações ilustram as lacunas de investimentos direcionados para a rede viária no Brasil. A Figura 2.8 reúne informações sobre os investimentos públicos na infraestrutura de transportes nacional.

Figura 2.8 - Investimentos dos Ministério dos Transportes na infraestrutura viária em relação ao PIB

Fonte: Brasil (2012)

Além do *déficit* de investimentos no país, historicamente os recursos foram dedicados quase que exclusivamente para o modal rodoviário, particularmente a partir da década de 30. As políticas de estímulo ao transporte rodoviário promoveram a canalização dos investimentos para as rodovias e acarretaram acentuada escassez de verbas para manutenção e desenvolvimento da infraestrutura ferroviária, hidroviária e dutoviária. Esta conduta provocou um desequilíbrio na matriz de transporte de cargas brasileira, conduzindo-a para uma configuração antieconômica. ANTT (2007) revela que 58% da produção de transporte no país em Tonelada Quilômetro Útil (TKU) decorre do transporte rodoviário de cargas, as ferrovias assumem 25% da movimentação de cargas, o modal hidroviário abrange 13% dos fluxos e 4% da produção total de serviços de transporte ocorre mediante dutovias (vide Figura 2.9).

Figura 2.9 - Composição da matriz de transporte de cargas nacional (TKU)
Fonte: ANTT (2007)

Estudo realizado pela CNT em parceria com o Centro de Estudos em Logística da Coppead – CEL/Coppead (2006) compara a matriz de transporte de vários países e argumenta que a predominância do modal rodoviário na produção de transporte é uma característica comum a países com pequenas dimensões, como Alemanha, Dinamarca, França e Bélgica, e tal característica justifica-se pela maior competitividade desse modal em rotas de curta distância. Ao contrário, países de maior extensão territorial, como EUA, Canadá, Rússia e China, fazem amplo uso dos modais ferroviário e hidroviário, modalidades de transporte que revelam maior eficiência energética e são mais competitivas nas rotas que envolvem longas distâncias. O estudo pondera que a estrutura da matriz de transporte no Brasil tem uma configuração bastante semelhante à configuração observada no primeiro grupo de países, portanto, revelando-se inconsistente com as grandes dimensões territoriais do país. Devido à predominância de rotas de longas distâncias no transporte de cargas, seria mais coerente o uso de ferrovias e hidrovias em maiores proporções.

Seqüelas ocasionadas por longos períodos com escassez de investimentos, desequilíbrio da matriz de transportes, além de políticas regulatórias deficientes vêm contribuindo para elencar o sistema de transporte de cargas nacional como um componente de peso no rol de elementos que fazem parte do “Custo Brasil”.

Face à situação de colapso e falta de competitividade do sistema de transporte no país, o Ministério dos Transportes em 2006 deu início ao Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT), que elencou os projetos viários necessários para a consolidação de um sistema de transporte intermodal apropriado às características geográficas do país.

Fundamentado nas recomendações do PNLT o Governo Federal divulgou o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que endereça maiores volumes de investimentos para a ampliação da malha ferroviária e hidroviária. Espera-se que a concretização dos novos projetos intermodais traga diminuição dos custos ao longo dos corredores de transporte e favoreça a competitividade da produção brasileira, principalmente nas regiões de fronteira agrícola.

Esse capítulo caracteriza a situação atual da infraestrutura de transportes, com enfoque na movimentação da produção do setor sucroalcooleiro. Ademais, traça um panorama a respeito dos projetos de expansão da rede intermodal de transporte.

2.2.2 Transporte rodoviário de cargas

O escoamento da produção de açúcar e etanol reflete a disponibilidade de infraestrutura para a movimentação de cargas no país, haja vista que o transporte da produção é realizado predominantemente através do modal rodoviário.

Segundo dados do Departamento Nacional de Infraestrutura - DNIT (2010), hoje o país conta com uma malha de rodovias com extensão total de 212,4 mil km, sendo 61,8 mil quilômetros pertencentes às rodovias federais.

Apesar de a modalidade rodoviária ser a principal forma de movimentação de cargas no país, a malha de rodovias também expõe uma série de gargalos e lacunas. Ao analisar a densidade da malha de autoestradas constata-se um cenário de *déficit* de rodovias no país, decorrente da baixa disponibilidade de infraestrutura rodoviária. Os dados apresentados na Figura 2.10 ilustram esse panorama. Note-se que países com vastas extensões territoriais, como os E.U.A., China, Rússia, Canadá e Austrália, e até mesmo outros países com pequenas dimensões, dispõem de uma malha rodoviária pavimentada bem mais ampla que a brasileira.

Figura 2.10 - Extensão total da malha rodoviária pavimentada (km)

Fonte: Vianna (2007)

Na opinião de Vianna (2007) a política rodoviarista no país deve ser desmitificada, já que embora os investimentos do governo tenham priorizado as rodovias, os aportes de recursos não foram suficientes sequer para prover um sistema rodoviário apropriado. A escassez de verbas por longos períodos não prejudicaram apenas ferrovias, hidrovias e dutovias, mas também acarretaram sucateamento da malha rodoviária, emergindo uma “infraestrutura logística raquítica, hipossuficiente, incapaz de dar conta do desenvolvimento econômico e social a que temos o direito de aspirar” (Vianna, 2007, p.3). O autor adverte que o Brasil, país com a quinta maior extensão territorial, que reúne a quarta maior população e possui a sexta frota mais numerosa de veículos automotores no mundo, ocupa a décima terceira posição no ranking que compara a extensão total de vias pavimentadas em diferentes países.

Essa disparidade causa preocupação ainda maior quando se compara o Brasil com concorrentes diretos, como os demais países que compõem o grupo denominado BRIC - Brasil, Rússia, Índia e China – haja vista que os concorrentes dispõem de malha rodoviária com extensão pelo menos 3,7 vezes maior que o tamanho da malha nacional.

O trabalho de Vianna (2007) avança sobre a avaliação das rodovias no país e alerta que o Brasil se encontra na vigésima posição do ranking atual do Índice de Mortara, índice que relaciona a oferta de infraestrutura com a população, extensão do país e frota de veículos. Os dados divulgados revelam que o país possui 159,3 veículos por quilômetro de rodovia pavimentada, ocupando a décima oitava posição no ranking, que compara esse indicador, e tem como primeiro colocado a Índia com 8,0 veículos/km. Também chama atenção o índice de acidentes rodoviários no país, 96 mortes para cada mil quilômetros de rodovia pavimentada, levando o Brasil à vigésima posição nesse ranking.

Segundo relatório apresentado pela Confederação Nacional do Transporte – CNT (2012) a respeito das condições da infraestrutura rodoviária do país em 2009, entre 2004 e 2008 o número de acidentes nas rodovias brasileiras cresceram 23,4%, atingindo 138,8 mil ocorrências em 2008. Estima-se que o custo médio de um acidente rodoviário é por volta de R\$ 58.880,00, a preços de dezembro de 2005, conforme dados divulgados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN).

O estudo denominado Pesquisa CNT de rodovias – CNT (2012) ressalta que apesar de historicamente observar-se uma baixa disponibilidade de recursos para o setor de transportes, os investimentos federais em rodovias cresceram de forma significativa nos últimos anos, saltando da casa dos dois bilhões de reais em 2004 para a ordem de seis bilhões de reais em 2008. Em comparação com o ano de 2004, a malha rodoviária cresceu aproximadamente 8 %, todavia, esse acréscimo se mostra acanhado quando comparado ao crescimento de 36,8% da frota de veículos do país.

Dentre os resultados da Pesquisa CNT de Rodovias, o estudo retrata as condições de conservação e trafegabilidade ao longo de 92 mil km de vias rodoviárias no país. A Figura 2.11 reúne as classificações que foram atribuídas para as rodovias brasileiras no estudo da Confederação Nacional dos Transportes. Note-se que aproximadamente 57% das vias receberam a classificação: “Péssimo”, “Ruim” ou “Regular”.

Figura 2.11 - Classificação geral das rodovias brasileiras
Fonte: CNT (2012)

Apesar do panorama crítico correlato ao transporte rodoviário no país, cabe ressaltar que a localização da maior parte das usinas e, conseqüentemente, da produção sucroenergética concentra-se no estado de São Paulo, cuja malha rodoviária apresenta condição mais propícia à movimentação de cargas. A Confederação Nacional dos Transportes classificou aproximadamente 79% das rodovias desse estado como “Ótimas” ou “Boas” – CNT (2012).

Dessa ótica, grande parte do parque industrial do setor possui acesso a uma malha rodoviária em boas condições, com exceção das usinas localizadas na região Norte e Nordeste e das novas usinas que estão sendo implantadas nas regiões de expansão da fronteira agrícola. Particularmente, as novas áreas localizadas nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Maranhão, Minas Gerais e Bahia, deparam-se com um cenário de escassez de rodovias pavimentadas e predominância de condições ruins de trafegabilidade. A Figura 2.12 apresenta as condições de trafegabilidade ao longo de importantes corredores rodoviários do país, segundo Pesquisa Rodoviária - CNT (2012).

Figura 2.12 - Mapa dos corredores rodoviários pesquisados pela CNT (2011), e classificação das condições de trafegabilidade
Fonte: CNT (2012)

A gestão das estradas no país vem passando por transformações na última década, tanto nas esferas federais como estaduais. Agentes públicos estão buscando ampliar o grau de privatização do setor, através das concessões rodoviárias. A participação da iniciativa privada na gestão e manutenção das rodovias vem proporcionando melhorias das condições de trafegabilidade, contudo, a concessão das vias vem acarretando elevação dos gastos com pedágios.

No entanto, salienta-se que o aumento das despesas com tarifas de pedágio deve ser avaliado com ressalvas, já que estradas com boas condições de rodagem proporcionam maior eficiência operacional, economia de combustível, menores gastos com manutenção, diminuição dos riscos de acidentes e aumento da velocidade média, dentre outras vantagens.

Estudo realizado pela CNT (2012) menciona sobre o impacto das condições das rodovias nos custos operacionais, enfatizando que “rodovias com buracos” reduzem a velocidade em 8,5 km/h, enquanto rodovias com pavimento totalmente destruído provocam queda de velocidade de 31,8 km/h, quando comparado a trechos com pavimento perfeito. Ademais, da ótica ambiental é importante mencionar que condições ruins de trafegabilidade resultam em consumo de combustível mais elevado e maior emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE), conforme demonstrado por Bartholomeu (2002).

Embora a participação da iniciativa privada na manutenção e gestão de algumas rodovias tenha trazido melhorias notáveis nas condições de trafegabilidade das vias, há de se ressaltar que os modelos de concessão rodoviária ainda revelam uma série de distorções e ainda devem percorrer um longo caminho até consolidar um mecanismo que provenha rodovias seguras, em boas condições de rodagem, com tarifas justas e competitivas, permeando sobre parcela mais ampla da malha rodoviária.

Na opinião de Benjamim (2006), a deteriorização do sistema rodoviário brasileiro causado pela escassez de investimentos, o engessamento do Estado além da competição dos diversos setores pelos escassos recursos governamentais forçaram a União buscar novas alternativas de recursos para reverter esse cenário. Pressionado por tal conjuntura, o Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER) deu início às primeiras licitações para contratação das concessões rodoviárias, em 1993 e 1994.

A adoção de um novo mecanismo de financiamento da infraestrutura rodoviária, a concessão rodoviária, pela qual, vista a rodovia como um complexo que, em suma, envolve a prestação de um serviço público (a chamada “gestão rodoviária”), se delega à iniciativa privada, mediante licitação e subsequente contrato de concessão, a incumbência de prestação desse serviço público. No foco da concessão, deve estar um conjunto de ações, a serem desenvolvidas pela concessionária, envolvendo a realização de investimentos com vistas à recuperação e/ou ampliação física da malha, a operação da rodovia e a prestação de serviços inerentes às necessidades do usuário, com padrões de qualidade, do complexo rodoviário objeto da concessão, em troca de sua exploração, basicamente pela cobrança do pedágio (SCHUMACHER, 2003, p. 1).

Conforme documentado por Citron (2006), após a publicação da Lei nº 8.987 de 13 de fevereiro de 1995, considerada marco regulatório das concessões rodoviárias, a promulgação da Lei nº 9 autorizou o Governo Federal a delegar aos estados, municípios e Distrito Federal a administração e operação de determinadas rodovias federais. Dessa forma, os Estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul lançaram seus próprios programas de concessão de rodovias, entre 1997 e 1998.

Dados da Associação Brasileira das Concessionárias Rodoviárias – ABCR (2012) revelam que entre 1995 e 2011 a extensão da malha rodoviária sob concessão privada saltou de 765 quilômetros para 15.473 quilômetros. A Tabela 2.2 sumariza a situação atual da gestão da malha rodoviária no país.

Tabela 2.2 – Extensão das malha rodoviária do Brasil, por tipo de gestão

Extensão da Rede Rodoviária (km) – Brasil	
Extensão Total da Rede	1.712.517
Rede Não Pavimentada	1.366.578
Rede Pavimentada	214.414
Federal	63.966
Estadual	106.548
Estadual Coincidente	17.073
Municipal	26.827
Extensão Concedida ABCR ¹	15.473
Extensão concedida ABCR/Rede Pavimentada Brasil (em %)	7,22%

Fonte: DNIT -DPP/CG PLAN/Coordenação de Planejamento *apud* ABCR (2012)

2.2.3 Transporte ferroviário de cargas

O transporte de açúcar e álcool através das ferrovias já existe de longa data, no entanto os embarques ficaram estacionados por muito tempo, situação que pode ser justificada pela estagnação da rede do sistema ferroviário brasileiro ao longo das décadas de 80 e 90.

Embora a malha ferroviária tenha sido sucateada e revelado condições operacionais preocupantes devido à escassez de recursos direcionados para as ferrovias, após a transferência das linhas férreas federais e estaduais para a iniciativa privada o setor vem resgatando os investimentos e ampliando paulatinamente a capacidade de transporte de cargas, vide Figura 2.13. As concessões das ferrovias tiveram início em 1999, a partir da inclusão da Rede Ferroviária Federal S.A. no Programa Nacional de Desestatização através do Decreto n.º 473/92, que formalizou o processo de transferência das ferrovias para a iniciativa privada.

Figura 2.13 - Investimentos aplicados nas malhas existentes concedidas à iniciativa privada

Fonte: Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários - ANTF (2012)

Conforme dados apresentados por Kéfalas (2005), após a concessão das ferrovias a movimentação de açúcar através da malha da Ferronorte, Ferroban e Novoeste saltou de 380 mil toneladas em 1999 para mais de um milhão de toneladas em 2004.

A retomada da captação de cargas pelas ferrovias é evidenciada a partir de dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2012), que registram um crescimento de aproximadamente 53% na produção total de serviços de transporte ferroviário, entre 2003 e 2010. Analisando particularmente os embarques do setor sucroenergético, o volume de açúcar em rotas ferroviárias atingiu 9.126 mil toneladas em 2010 e os embarques de etanol atingiram 2.072 mil m³, ante 2.202 mil toneladas de açúcar e 1.245 mil m³ de etanol transportados pelas ferrovias em 2001 - acréscimos de 314% e 66% respectivamente na movimentação ferroviária desses produtos entre 2001 e 2010.

Do total movimentado de açúcar pelas ferrovias em 2010, 33% foi transportado pelos trilhos da ALL Malha Paulista, 18,4% pela Ferrovia Centro-Atlântica e 41% pela ALL Malha Sul. Juntas essas ferrovias representam 94% da movimentação ferroviária de açúcar.

Merece destaque o transporte de açúcar através da ALL Malha Sul, principalmente entre Maringá e o Porto de Paranaguá, justificado pela alta eficiência desse trecho ferroviário. Dados apresentados por Setten (2010) demonstram que 74% dos fluxos de exportação de açúcar descarregados no Porto de Paranaguá são entregues pelo modal ferroviário, revelando elevada participação da ferrovia nas entregas totais desse produto ao porto. Segundo o autor, os principais terminais de captação das cargas de açúcar estão localizados em Maringá, Londrina e Ourinhos.

As áreas de influências da ALL Malha Paulista e da Ferrovia Centro-Atlântica compreendem as principais regiões produtoras de açúcar do país, portanto, apresentam elevado potencial para captação desse tipo de carga. Setten (2010) advoga que a retomada da movimentação ferroviária de açúcar se deve a um conjunto de fatores, dentre eles destacam-se a construção de novos terminais de transbordo e os investimentos em novos vagões - mais leves, com maior capacidade e melhor eficiência das operações de carga e descarga. Segundo o autor, em 2007 foram fabricados os primeiros vagões desenvolvidos exclusivamente para o transporte de açúcar a granel,

projetado com pintura externa especial e que proporciona operações de carga e descarga com alta eficiência.

Por outro lado, Setten (2010) alerta sobre os gargalos que limitam a capacidade do acesso ferroviário ao Porto de Santos, principal porto de exportação de açúcar do país, e revela que apenas 22,50% do volume total de açúcar direcionado para os terminais portuários em Santos são entregues através da modalidade ferroviária.

Estudo realizado por Oliveira e Caixeta (2007) avalia as localidades ótimas para implantação de terminais de embarque de açúcar na malha ferroviária paulista. Os autores estimam que o potencial de captação de açúcar com destino ao Porto de Santos é suficiente para elevar as entregas ferroviárias a uma participação superior a 60% da quantidade total da carga movimentada pelo porto, o que revela a presença de potencial reprimido, já que os embarques em direção ao porto são ainda bastante tímidos.

Migrando para a análise do transporte de etanol através das ferrovias, Milanez et al. (2009) revelam que a malha ferroviária da Região Sul respondeu por 68,3% da movimentação ferroviária nacional de etanol em 2008, e que as rotas praticadas na região apresentam distância média de aproximadamente 900 km (entre 500 e 2.300 km). Além disso, enfatizam que a Região Sul abriga sete dos dez principais terminais ferroviários de recepção desse combustível.

Na opinião de Milanez et al. (2009) a movimentação de etanol na malha paulista vem crescendo nos últimos anos, em decorrência dos investimentos realizados na recuperação e adequação de terminais de transbordo, com destaque à revitalização do terminal de descarregamento da Tequimar, da BR Distribuidora e do *pool* da Sindicom (Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Lubrificantes e Combustíveis), ambos localizados em Paulínia (SP); além da readequação dos terminais das bases de distribuição de Araraquara (SP), Bauru (SP), São José do Rio Preto (SP) e terminais privados de algumas usinas. Os autores mencionam também sobre o aumento dos embarques de etanol nos terminais de Serrana (SP), e as bases de distribuição de Ribeirão Preto (SP) e Uberaba (MG), às margens da Ferrovia Centro-Atlântica – FCA. Na opinião dos autores o resgate da movimentação ferroviária de etanol no interior paulista aconteceu de forma mais lenta devido à predominância de rotas de curtas distâncias

entre as usinas e o mercado consumidor, característica que acaba favorecendo a escolha pela modalidade rodoviária.

Não obstante, o rearranjo espacial da oferta causado pela implantação de novas usinas vem aumentando as distâncias dos fluxos de transporte e, portanto, suscitando o interesse de novos embarcadores pelo sistema ferroviário. Os crescentes embarques através do terminal de Alto Taquari (MT) e Uberlândia (MG) no escoamento da produção ilustram esse cenário.

Em relação aos corredores Centro-Norte e Nordeste, os autores revelam que a movimentação ferroviária ainda é bastante tímida e não vem acompanhando o crescimento da demanda. As principais ferrovias que atendem esses corredores são a Estrada de Ferro Carajás, a Ferrovia Norte-Sul e a Companhia Ferroviária do Nordeste. Essas Ferrovias ainda movimentam pequenos volumes de etanol, mas esse panorama pode sofrer alterações devido às novas usinas que estão sendo implantadas no Maranhão e Tocantins.

Da movimentação total de etanol através das ferrovias em 2011, 82,2 % aconteceu nos trilhos da ALL Malha Sul, 11,6% através da ALL Malha Paulista e Norte, e 8% através da Ferrovia Centro-Atlântica e Estrada de Ferro Vitória-Minas, segundo dados da ANTT (2012).

É fato que os fluxos de exportação de açúcar e etanol são predominantes através do Porto de Santos, nesse sentido, é importante discutir sobre os gargalos infraestruturais que limitam a capacidade de transporte através das linhas férreas que dão acesso aos terminais santistas.

Lacerda (2005) enfatiza que as ferrovias com acesso ao Porto de Santos apresentam uma série de limitações que restringem o tráfego dos comboios ferroviários, ocasionadas por dificuldades operacionais, presença de trechos acidentados ao longo do percurso até o porto, conflitos de bitolas e regulação dos direitos de passagem⁵.

⁵ Taxa paga quando uma concessionária precisa movimentar um comboio através do trecho de outra concessionária

Além das dificuldades mencionadas, outro gargalo proeminente diz respeito à travessia da cidade de São Paulo com trens de carga. Parte dos comboios que trafegam por trechos da América Latina Logística (ALL) – Malha Paulista e Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), para chegarem aos terminais de Santos, devem antes atravessar a cidade de São Paulo. Nesse trajeto de travessia os comboios de carga têm como única opção de passagem os trilhos da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), que também acomodam a movimentação dos trens de passageiro. Dessa forma, os trens de carga ao chegarem à malha da CPTM devem aguardar os horários livres da linha férrea determinados pela CPTM, já que a preferência é dada aos trens de passageiros, para então cruzar a região metropolitana com os vagões carregados.

Após atravessar a cidade de São Paulo, os comboios ferroviários ainda devem realizar a descida dos trechos mais íngremes da Serra do Mar, cuja operação é feita pelo “Sistema de Cremalheira”⁶. Esse sistema é operado pela concessionária ferroviária Minas Rio São Paulo (MRS). Cabe ressaltar que ao longo dos últimos anos esse trecho vem trabalhando no limite de sua capacidade de transporte.

Outra rota ferroviária que permite acesso aos terminais santistas compreende o trecho entre Campinas e Santos, passando por Evangelista de Souza (SP) e Mairinque (SP). Essa alternativa dá acesso aos terminais da margem esquerda do porto (Guarujá) e também à margem direita através dos trilhos de bitola mista da MRS Logística. Essa rota propicia o tráfego dos trens de carga da ALL Malha Paulista, da ALL Malha Oeste, ALL Malha Norte e ALL Malha Sul. É importante frisar que os fluxos de transporte através desse trecho também vêm ocupando quase a totalidade da capacidade de transporte da linha.

Conforme reportagem veiculada pelo Valor Online (2010) a MRS anunciou planos para ampliação da capacidade de transporte do trecho que dá acesso ao Porto de Santos. O projeto envolve a recapacitação do sistema de cremalheira, que seria realizado em duas fases:

- i) Inicialmente, pretende-se investir R\$ 130 milhões para troca das locomotivas usadas, ampliando em 50% a capacidade de transporte, que alcançaria 12 milhões de toneladas ao ano.

⁶ O sistema cremalheira, adotado em trechos de alta inclinação, é um tipo de tração que tem como característica um terceiro trilho dentado, no centro da linha. Esse trilho permite um maior atrito da locomotiva com a via, evitando derrapagens pelo baixo atrito das rodas da locomotiva com a superfície lisa dos trilhos.

- ii) A segunda fase do projeto prevê investimentos de R\$ 260 milhões que serão destinados para a compra de novas locomotivas, além da reforma da linha e infraestrutura da rede, elevando a capacidade anual de transporte para 56 milhões de toneladas.

A ampliação da capacidade do sistema de cremalheira da MRS propiciaria a movimentação de cargas adicionais através da linha, além do minério, que hoje ocupa a maior parte da capacidade de transporte. Contudo, a viabilidade dessa ação deve ser precedida da minimização dos conflitos de tráfego entre trens de carga e passageiros na cidade de São Paulo. Com esse intento, o Governo de São Paulo vem angariando recursos para a construção do Ferroanel.

Em agosto de 2010 o Ministério dos Transportes, a Agência Nacional de Transportes Terrestres em parceria com o Banco Mundial e Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo (SEP) lançaram o Termo de Referência (TDR) para contratação do estudo de viabilidade técnico-econômica-financeiro do Ferroanel de São Paulo, cujo trajeto preliminar é ilustrado pela Figura 2.14.

Ressalta-se que a construção do Ferroanel ainda não foi iniciada, apesar de fazer parte dos projetos de investimentos listados no Programa de Aceleração do Crescimento. Estão sendo discutidos três traçados que permitiriam desviar o tráfego de comboios de carga para fora dos trilhos da CPTM. A trajetória do Ferroanel será pronunciada após estudo desenvolvido pelo Banco Mundial (Bird).

Figura 2.14 - Traçados sugeridos para o Ferroanel
Fonte: ANTT (2010b)

Em relação à região Nordeste, segunda região mais importante em termos de produção de açúcar e etanol, observa-se uma movimentação ferroviária muito pequena, por volta de 13 mil toneladas (ANTT, 2012). Além da baixa disponibilidade de serviços de transporte ferroviário ofertado pela Companhia Ferroviária do Nordeste nos últimos anos e as precárias condições da malha, a baixa captação também pode ser justificada pelo fato de grande parte das usinas nordestinas estarem localizadas na região costeira, próximas aos terminais portuários. A predominância de pequenas distâncias diminui a atratividade pelo modal ferroviário e favorece a escolha das alternativas rodoviárias.

Nas regiões Centro-Oeste e Norte, que estão acolhendo grande parte dos novos projetos *greenfield*, a oferta de infraestrutura ferroviária é ainda mais escassa, fazendo com que a produção seja quase plenamente escoada através de rodovias. No caso das usinas localizadas nas regiões de fronteira agrícola, existe grande expectativa em relação aos projetos de ampliação da malha ferroviária que estão sendo anunciados pelo Governo Federal, e que vão prover melhor acesso ferroviário aos embarcadores localizados nos corredores de transporte Noroeste, Norte e Nordeste. A seguir são caracterizadas as obras ferroviárias de maior relevância sugeridas no PAC2 (Programa de Aceleração do Crescimento 2).

Através do Programa de Aceleração do Crescimento 2 – PAC2, o governo anunciou investimentos próximos a 46 bilhões de Reais na construção, reforma e estudos de projetos ferroviários. A seguir são descritas as obras ferroviárias de maior relevância sugeridas no PAC2 (Programa de Aceleração do Crescimento 2):

- i) Ferrovia Norte-Sul (EF-151): a construção da ferrovia foi iniciada na década de 1980 e o projeto inicial envolvia a ligação de 1550 km entre Anápolis (GO) e Açailândia (PA), onde faz conexão com a Estrada de Ferro Carajás e ganha acesso ao Porto de Itaqui. Em 2008 foram incorporados no traçado os trechos entre Barcarena (PA) e Açailândia (MA) e de Ouro Verde (GO) a Panorama (SP). O trecho de 720 km entre Açailândia (PA) e Palmas (TO) já está concluído e no ano de 2007 foi concedido à Vale S.A.. A empresa arrematou por R\$ 1,5 bilhão o contrato de subconcessão para exploração comercial do ramal por um período de trinta anos. O trecho entre Estreito (TO) e Açailândia (PA) já é operado pela Vale. A ligação de 280 km entre Anápolis (GO) e Uruaçu (GO) se encontra em fase de conclusão. Em 2011 a Valec iniciou o processo de licitação para contratação dos estudos de viabilidade econômica do trecho entre Panorama (SP) e Rio Grande (RS), que consolidaria a ligação ferroviária do Norte ao Sul do país (VALEC, 2012);
- ii) Ferrovia de Integração Oeste-Leste (EF-334): com extensão total de 1.527 km a ferrovia vai conectar o Porto de Ilhéus (BA) à região de Barreiras, no oeste baiano, passando por Caetité (BA). Ademais, o projeto prevê a extensão da linha até Figueirópolis (TO), fazendo a conexão com a Estrada de Ferro Norte-Sul. Conforme documentado por Valec (2012) estima-se um custo de R\$ 4,2 bilhões para a construção da ferrovia, sendo que o primeiro trecho entre Ilhéus e Caetité se encontra em fase construção, e o segundo trecho, chegando até Barreiras (BA), se encontra em fase de licenciamento ambiental (VALEC, 2012);
- iii) Nova Transnordestina: o projeto prevê a ligação ferroviária do interior do Piauí, a partir de Eliseu Martins (PI), aos portos de Suape (PE) e Pecém (CE). A Valec realizou estudo de viabilidade técnica-econômica para construção do trecho ferroviário EF-232 que vai conectar a Transnordestina à Estrada de Ferro Norte-Sul, na altura de Estreito (MA);

- iv) Ferrovia de Integração Centro-Oeste: faz parte do projeto da ferrovia Transcontinental (EF-354) que apresenta extensão total de 4.400 km em solo brasileiro, cuja concepção prevê a ligação entre os oceanos Atlântico e Pacífico. A Ferrovia de Integração Centro-Oeste corresponde ao segmento de 1.630 km de extensão que ligará Vilhena (RO) a Campinorte (GO), onde faz conexão com a Ferrovia Norte-Sul. O primeiro e segundo trecho da ferrovia, entre Campinorte (GO), Água Boa (MT) e Lucas do Rio Verde (MT) já possuem o projeto básico concluído (VALEC, 2012);
- v) Corredor Ferroviário do Paraná (EF-484): Ampliação da malha da Ferropar de Cascavel (PR) até a região de Maracaju (MS). Os estudos de viabilidade técnica-econômica desse projeto estão em fase de contratação (VALEC, 2012).
- vi) Ferrovia do Pantanal (EF-2677): ligará a Ferrovia Norte-Sul, na altura de Panorama (SP), a Porto Murtinho (MS), localidade com acesso à hidrovia Paraguai-Paraná. O projeto está em fase de licenciamento ambiental (VALEC, 2012);
- vii) ALL – Malha Norte: ampliação da malha de Alto Araguaia (MT) até Rondonópolis e Cuiabá (MT). Esse projeto faz parte do contrato de concessão firmado com a América Latina Logística. A mídia especializada anunciou recentemente a inauguração do terminal de Itiquira (MT), localizado a 140 km de Rondonópolis (MT).

Figura 2.15 - Novos projetos ferroviários do Brasil
Fonte: VALEC (2012)

Com grande euforia o Governo Federal lançou em agosto de 2012 o Programa de Investimentos em Logística que prevê aplicação de R\$ 133 bilhões em nove trechos rodoviários e em doze trechos de ferrovias, sendo R\$ 91 bilhões destinados apenas para ferrovias. O programa anunciado tem como objetivo expandir os investimentos públicos e privados em infraestrutura de transportes, de forma a promover a integração de rodovias, ferrovias e hidrovias, reduzir custos e ampliar a capacidade de transporte intermodal.

No caso das ferrovias o modelo de investimento proposto envolve Parceria Público-Privada, sendo que o governo federal será responsável pela contratação da construção, da manutenção e da operação da ferrovia.

Pelo modelo, a empresa pública Valec - Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., vinculada ao Ministério dos Transportes, compra a capacidade integral de transporte e faz oferta pública dessa capacidade para os usuários que queiram transportar carga própria, para operadores ferroviários independentes e para concessionárias de transporte ferroviário. Esse modelo assegura o direito de passagem dos trens em todas as malhas, como forma de reduzir o custo tarifário (BRASIL, p.1, 2012b).

2.2.4 Transporte hidroviário de cargas

O Brasil é um país que exhibe grande riqueza hídrica e seu território é cortado por uma vasta e ramificada rede fluvial, proporcionando vias naturais com potencial para navegação comercial. Embora o transporte hidroviário de cargas seja uma alternativa bastante competitiva para grandes volumes de carga, principalmente nas rotas que envolvem longas distâncias, essa modalidade de transporte é claramente subaproveitada no país. Dentre as justificativas elencadas por especialistas para explicar a tímida utilização desse modal, ressaltam-se a escassez de recursos investidos no setor, a falta de políticas públicas para fomentar essa modalidade de transporte, a elevada concentração das vias navegáveis em regiões de baixa atividade econômica e a necessidade de duas operações de transbordo nas hidrovias que não possuem acesso direto às regiões portuárias.

Além de proporcionar fretes bastante competitivos, a utilização do transporte hidroviário gera benefícios ambientais, já que a movimentação de cargas através das hidrovias apresenta baixíssimo consumo de combustíveis por quantidade de carga transportada e, conseqüentemente, mínima emissão de gases causadores do efeito estufa - quando comparado ao transporte rodoviário. Soma-se aos benefícios da modalidade hidroviária, a possibilidade de remoção de grande número de caminhões em circulação, diminuindo assim o tráfego intenso e o número de acidentes nas estradas brasileiras, externalidades derivadas da utilização desequilibrada das rodovias e que vem ganhando maiores proporções nos últimos anos.

Dados divulgados pela Companhia Energética de São Paulo - CESP, 1996 apud Oliveira (1996) revelam que os custos do transporte hidroviário correspondem aproximadamente à metade dos custos associados ao transporte ferroviário e a um terço dos custos correlatos ao modal rodoviário. No entanto, Oliveira (1996) advoga que o baixo custo apresentado pelo transporte hidroviário deve ser analisado com ressalvas, haja vista que muitas vezes o local de produção não se situa às margens da via fluvial, demandando serviços de transporte rodoviário até o terminal de transbordo, o que pode tornar essa alternativa intermodal inviável nas rotas de curtas distâncias.

Cabe frisar também que as vias navegáveis brasileiras apresentam algumas características geográficas que acabam por inibir o uso das hidrovias. Segundo Soares e Caixeta-Filho (1998) a maior parte das hidrovias no Brasil não desembocam no oceano, fazendo com que a carga sofra mais de uma operação de transbordo antes de atingir o destino final, encarecendo assim o custo de movimentação total. Além disso, as áreas de influência de grande parte dos rios brasileiros com potencial de navegação comercial abrangem regiões com pequena atividade econômica, assim sendo, apresentam menor demanda por serviços de transporte de cargas. Oliveira (1996) destaca que aproximadamente 66% das vias navegáveis com profundidade mínima de 2,5 m localiza-se na bacia do Rio Amazonas.

Outro fator importante que acaba reprimindo o uso do modal hidroviário no país é derivado da forte resistência das instituições de proteção ambiental em repulsão aos projetos de hidrovias e intervenções necessárias para adequação de vias navegáveis. Segundo Garrido (2006), proibiu-se a construção de portos e terminais em alguns trechos fluviais da bacia Tocantins-Araguaia e na bacia Paraná-Paraguai como consequência de ações judiciais deflagradas por ambientalistas. Estudo da Companhia Nacional do Abastecimento – CONAB (2006) realça que as obras na Hidrovia do Araguaia estão embargadas desde 1996 devido a protestos judiciais sugeridos por organizações não-governamentais contrárias às obras de intervenção no leito do rio.

Apesar das dificuldades mencionadas a despeito do modal hidroviário no país, Oliveira (1996) advoga que o uso do modal hidroviário é ainda muito baixo em relação ao seu potencial para o transporte de cargas. A ampliação dos embarques nas hidrovias pode trazer benefícios econômicos, ambientais e competitividade para setores produtivos, particularmente para o agronegócio. Os resultados do estudo demonstram que o uso da

Hidrovia Tietê-Paraná oferece alternativas de rotas intermodais para o escoamento de commodities agrícolas até Santos que podem acarretar diminuição dos custos de transporte em até 30% - em relação à alternativa rodoviária.

Pinheiro (2012) faz uma análise dos benefícios ambientais decorrentes da utilização do transporte hidroviário. Citando dados da OECD *Observer* (2008), a autora ressalta que esse modal revela as menores taxas de emissão de Dióxido de Carbono (CO₂) dentre as modalidades de transporte, lançando em torno de 10 a 15 g de CO₂ por TKU (Tonelada Quilômetro Útil). Números vantajosos se comparados com o modal ferroviário que emite de 19 a 41 g por TKU, com o modal rodoviário que emite de 51 a 91 g por TKU e com o modal aéreo que emite de 673 a 867 g por TKU.

Segundo Brito Filho (2009) apud Pinheiro (2012), os benefícios do transporte hidroviário vão além dos baixos custos, diminuição de congestionamentos nas estradas e menor investimentos em infraestrutura. Da ótica ambiental, a utilização da hidrovias resulta em maior eficiência energética, redução do consumo de combustível, menor intensidade de ruídos e emissão de poluentes. Ademais, a autora enfatiza que o potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa proporcionado pela diminuição da participação do modal rodoviário na matriz de transporte de cargas acarretaria benefícios que possibilitariam a inserção do setor no mercado de crédito de carbono e a obtenção de benefícios propostos pelo Protocolo de Quioto, assim como facilitaria a utilização dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo.

Com base em informações divulgadas por TOKARSKI (2007) e ANTAQ (2012) a seguir são descritas as características das principais hidrovias que movimentam cargas no país, ou têm potencial para tal finalidade:

- Hidrovia do Rio Madeira: em 2010 transportou 4,0 milhões de toneladas de cargas, predominantemente ao longo do trecho entre Porto Velho (RO), Itacoatiara (AM) e Santarém (AM). Os fluxos embarcados em Porto Velho (RO) no sentido jusante somaram 3,6 milhões de toneladas - 90% da movimentação total. As principais cargas deslocadas nesse sentido foram: soja (71%), milho (14%), semi-reboques baú (8%), contêineres (5%), açúcar (1%) e outras cargas (1%). Em relação aos fluxos embarcados no sentido montante, estes somaram 400 mil toneladas, com destaque para fertilizantes (32%), combustíveis e óleos minerais (24%), semi-reboques baú (16%), produtos químicos

orgânicos (12%) e outras cargas (15%). Existem expectativas de ampliação da área de influência e potencial de captação de cargas pela hidrovía, caso sejam construídas as eclusas das Usinas Hidroelétricas de Santo Antônio e Jirau.

- Hidrovía Tietê-Paraná: ao todo, a hidrovía transportou 5,5 milhões de toneladas de carga em 2010. Entretanto, desse montante 2,5 milhões corresponde a fluxos estaduais de areia e cana-de-açúcar em rotas de curta-distância, menores que 20 km. Quanto aos fluxos interestaduais transportados pela hidrovía em rotas de longa distância estes somam aproximadamente três milhões de toneladas de carga, conforme dados apresentados no Quadro 2.5.

Linha	Tipo de Carga	Quantidade (t)	%
SÃO SIMÃO (GO) - PEDERNEIRAS (SP)	Soja	735.466	25,0%
	Milho	326.675	11,1%
	Farelo de Soja	272.709	9,3%
	Açúcar	1.321	0,0%
SÃO SIMÃO (GO) - ANHEMBI (SP)	Soja	286.559	9,8%
	Açúcar	81.013	2,8%
	Farelo de Soja	64.553	2,2%
	Milho	37.518	1,3%
MUNDO NOVO (MS) - GUAÍRA (PR)	Areia	454.740	15,5%
MUNDO NOVO (MS) - TERRA ROXA	Areia	394.523	13,4%
SÃO SIMÃO (GO) - SANTA MARIA DA SERRA (SP)	Soja	122.696	4,2%
	Milho	53.601	1,8%
	Farelo de Soja	3.748	0,1%
	Açúcar	3.033	0,1%
ROSANA (SP) - SÃO PEDRO (SP)	Areia	98.667	3,4%
Total		2.936.822	100,0%

Quadro 2.5 - Transporte interestadual de cargas pela Hidrovía Tietê-Paraná (2010)

Fonte: Agência Nacional de Transporte Aquaviários – ANTAQ (2012)

Cabe frisar que essa hidrovía não possui acesso direto ao porto de Santos, portanto, os fluxos de exportação devem ser transferidos para outra modalidade de transporte que provê acesso aos terminais santistas. Conforme exposto pelo Quadro 2.5, grande parte das barcas é descarregada em Pederneiras (SP), onde a hidrovía faz conexão com os trilhos da ALL Malha Paulista - que liga essa localidade ao Porto de Santos. Ou ainda, a carga sai da hidrovía através dos terminais de Anhembi (SP) e Santa Maria da Serra (SP), seguindo na carroceria de caminhões até o porto.

ANTAQ (2012) sinaliza que a Transpetro – empresa subsidiária da Petrobras responsável pela logística e transporte de combustíveis – pretende construir vinte comboios hidroviários até 2015 para transportar etanol produzido na região Centro-Oeste, Paraná e Oeste Paulista em direção à base de Paulínia e o porto de Santos (SP).

Ademais, ressalta-se que o Governo do Estado de São Paulo vem angariando recursos junto à União para realizar investimentos na ampliação dos vãos e proteção dos pilares das pontes rodoviárias e ferroviárias que cruzam a hidrovia, aprofundamento e ampliação dos canais de navegação (dragagem), reformas nas eclusas, construção e readaptação de terminais, com o objetivo de melhorar as condições operacionais e de navegabilidade da calha fluvial. Em paralelo, o governo pretende realizar estudos para extensão da hidrovia até Piracicaba (ANTAQ, 2012);

- Hidrovia do São Francisco: nos últimos anos vem apresentando uma movimentação pequena, por volta de 56 mil toneladas, transportando basicamente soja. A navegabilidade é viável em toda a sua extensão. Não há corredeiras e em poucos locais é necessário cuidado nas sondagens, pela baixa profundidade e ângulos fechados. Estão previstos investimentos do PAC para dragagem e derrocamento da hidrovia;

- Hidrovia do Parnaíba: não se encontra em operação, e tem como principal carga potencial a produção do sul do Piauí. Dentre as intervenções necessárias, destacam-se dragagens, derrocamentos, balizamento e sinalização, além da instalação dos equipamentos eletromecânicos e conclusão da eclusa da Usina Hidroelétrica de Boa Esperança;

- Hidrovia Tapajós Teles-Pires: não se encontra em operação, mas chama a atenção pelo fato de proporcionar uma alternativa competitiva para o escoamento da produção agrícola originada no Norte Mato-grossense. Intervenções necessárias: dragagens, derrocamentos, balizamento, construção de canais e eclusas (investimentos estimados da ordem de US\$ 200 milhões). O Tapajós é atualmente navegável no trecho de 345 km, entre São Luís do Tapajós (PA) e Santarém (PA).

transferida para caminhões que seguem em direção ao Porto de Santos. No caso do terminal de Pederneiras, o açúcar pode ser transferido para o modal ferroviário antes de chegar a Santos. O Quadro 2.5 indica que em 2010 o embarque de açúcar nessa hidrovia atingiu aproximadamente 85 mil toneladas.

Ainda a despeito dessa alternativa, cabe mencionar sobre os planos da Transpetro em utilizar a Hidrovia Tietê-Paraná para fins de movimentação de etanol. A empresa estuda a construção de um duto, ligando um dos terminais finais da hidrovia até Paulínia. Tal projeto consolidaria um corredor intermodal bastante competitivo para transportar etanol das usinas próximas à hidrovia até o principal sistema de distribuição de combustíveis do país, a base de Paulínia, ou até os terminais de exportação localizados em Santos.

Quanto ao transporte hidroviário de etanol, merece destaque também a Hidrovia do Rio Madeira, que atualmente faz o transporte de combustíveis a partir da base de Manaus para abastecimento de regiões interioranas na Amazônia e Rondônia.

2.2.5 Transporte dutoviário

A modalidade dutoviária é uma alternativa de transporte que proporciona a movimentação de grandes volumes de carga a baixo custo, é considerada segura em relação ao modal rodoviário, apresenta elevada eficiência energética e baixa emissão de gases causadores do efeito estufa. Congregando todos esses bons atributos, os dutos oferecem uma alternativa bastante atrativa para a movimentação de grânéis líquidos e gasosos.

Dados da Transpetro – empresa responsável pela operação da rede dutoviária no país – registram volumes de movimentação total através dos dutos ao longo do ano de 2009 próximos a 395 milhões de m³, compreendendo derivados de petróleo e etanol, e 51 milhões de m³ de gás natural por ano.

Atualmente, o volume de etanol transportado através das dutovias é bastante baixo, cenário que pode ser justificado pelo traçado da rede dutoviária, que foi projetado para atender prioritariamente o sistema de distribuição de derivados de petróleo, e

principalmente devido à preferência dada pela Transpetro para movimentação de gasolina, óleo diesel, óleo combustível, nafta e outros derivados. No ano de 2011 foram movimentados nos dutos da Transpetro 746.164 m³ de etanol, o que corresponde aproximadamente 1% da movimentação total dutoviária.

Segundo dados da Transpetro (2012), os principais fluxos de etanol concentram-se nos trechos entre Araucária (PR) e Florianópolis (SC), e entre Paulínia (SP) e Duque de Caxias (RJ), conforme dados contidos no Quadro 2.6.

Origem	SP	Destino	SP	Volume (m ³)
Araucária	PR	Itajaí	PR	282.222
Guararema	SP	Duque de Caxias	RJ	83.875
Paulínia	SP	Guararema	SP	170.571
Barueri	SP	Paulínia	SP	96.225
Itajaí	SC	Florianópolis	SC	90.266
Araucária	PR	Paranaguá	PR	18.177
Japeri	RJ	Volta Redonda	RJ	4.828

Quadro 2.6 - Movimentação dutoviária de etanol (m³), 2011

Fonte: Transpetro (2012)

Como consequência do processo de expansão da fronteira agrícola e distanciamento geográfico das regiões de oferta de etanol, importantes *players* do setor vêm buscando recursos para a implantação de novos dutos voltados para o transporte da produção de etanol, com o objetivo de minimizar os custos de movimentação desse produto e dar mais competitividade ao setor.

Dentre os planos de investimento em dutovias que vem sendo anunciados pelos agentes do setor sucroenergético, Milanez *et al.* (2010) reportam os projetos que vem ganhando destaque:

- i) Projeto de alcoolduto da Petrobras, Mitsui e Camargo Corrêa: o projeto original prevê a construção de um novo duto entre Senador Canedo (GO) e Paulínia (SP) e obras de melhorias e recapacitação do trecho Paulínia a Guararema, e Guararema ao terminal de Ilha D'água (RJ). Em uma segunda fase, o projeto sugere a implantação de um novo duto ligando o terminal de granéis líquidos de São

Sebastião (SP) ao sistema dutoviário. E a terceira fase, considera a ligação entre Anhembi (SP) – um dos terminais finais da Hidrovia Tietê-Paraná – à base de Paulínia, aumentando a competitividade da hidrovia no transporte de álcool. Esse projeto tem investimentos previstos da ordem de U\$ 1,2 bilhão, com previsão de ampliação da capacidade de 2,9 milhões de m³ após a primeira fase, 12 milhões de m³ após a segunda fase e 8 milhões depois da terceira fase;

ii) Projeto da Uniduto: prevê a conexão de um terminal *off shore* em Guarujá (SP), adequado para a atracação de navios de grande porte, à base de Paulínia, além de ligar essa base à Ribeirão Preto (SP) e à cidade de Anhembi (SP). Ademais, o projeto considera a interligação com terminais ferroviários, junto à malha da ALL na cidade de Botucatu (SP) e à malha da Ferrovia Centro Atlântica (FCA) na cidade de Serrana (SP). A extensão total do alcoolduto seria de 570 km e demandaria investimentos da ordem de U\$ 1 bilhão. O início de construção está previsto para a safra 2011-2012;

iii) Projeto Centro-Sul Transportadora Dutoviária: planeja a construção de 1.200 km de dutos que ligariam Alto Taquari (MT) à Paulínia (SP) e ao porto de Santos (SP), passando pelo Sudoeste Goiano, Nordeste do Mato Grosso do Sul e Oeste Paulista. O custo de implantação é da ordem de 2,7 bilhões e a capacidade projetada é de oito milhões de m³ por ano.

A Figura 2.17 ilustra os projetos dutoviários mencionados.

Figura 2.17 - Projetos dutoviários para o transporte de etanol
 Fonte: Milanez et al. (2010)

Milanez et al. (2010) alertam que a viabilização econômica de uma dutovia está associada à movimentação de grandes volumes de grânéis líquidos, haja vista que a implantação de novos alcooldutos envolve elevados investimentos. Conforme dados apresentados pelos autores, para viabilizar um duto de 500 km, espera-se uma movimentação de pelo menos 4,5 milhões de m³ por ano. Andriolli (2009) desenvolve trabalho que analisa a viabilidade técnico-econômica dos principais projetos de alcooldutos no país.

2.2.6 Particularidades da cadeia de abastecimento de etanol

Para uma melhor compreensão da logística do etanol é importante fazer uma caracterização da cadeia de distribuição desse biocombustível no país. Com tal finalidade, a Figura 2.18 ilustra a estrutura e principais fluxos de etanol na rede de abastecimento.

Figura 2.18 - Cadeia de distribuição de álcool e gasolina no Brasil

Fonte: elaborado pelo autor

O volume de álcool anidro e álcool hidratado que parte das usinas de processamento de cana-de-açúcar para comercialização devem passar inicialmente pelas bases de distribuição e posteriormente serem entregues aos postos de varejo. As normas que regulamentam a comercialização de combustíveis estabelecem que apenas as distribuidoras de combustíveis devidamente autorizadas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) podem realizar a venda e entrega de etanol para os postos de varejo. No caso do álcool anidro, este é misturado com a gasolina quando passa pelas bases de distribuição, na proporção aproximada de 75% gasolina e 25% álcool, sendo que essa proporção pode variar por determinação da ANP. As bases recebem Gasolina tipo A das refinarias, que após ser misturada ao álcool anidro é distribuída como Gasolina tipo C para os postos de varejo.

O álcool hidratado, apesar de não sofrer nenhum tipo de processamento nas bases, por força legal não pode ser distribuído diretamente da usina para os postos de combustíveis, tendo que passar pelas bases de distribuição antes de ser entregue ao varejo.

Observam-se três tipos de fluxos ao longo da cadeia de suprimento de etanol:

i) Fluxos primários: correspondem à coleta do álcool nas usinas para entrega nas bases de distribuição. As principais alternativas para o transporte dos fluxos primários de álcool são descritas a seguir:

- Podem ser deslocados até as bases via modal rodoviário. Normalmente os veículos utilizados nesses fluxos são do tipo Semirreboque (com capacidades entre 30m³ - 37m³) e Bitrem (com capacidade aproximada de 45m³);
- Podem ser transportados até um terminal de transbordo (centro coletor), que realiza a transferência da carga para outra modalidade de transporte (hidroviário, ferroviário ou dutoviário), sendo posteriormente deslocados até a base de distribuição, caracterizando assim uma alternativa intermodal.

ii) Fluxos de distribuição: compreende a etapa de distribuição dos combustíveis, a partir das bases com destino aos postos de varejo. No caso desse tipo de movimentação, considerou-se que ela só pode ser realizada pela alternativa de transporte rodoviária. Esta etapa, normalmente, é realizada com caminhões de menor porte, mas no caso dos postos com melhores condições de acesso, também ocorre o transporte de combustíveis através de veículos do tipo Semirreboque e Bitrem;

iii) Fluxos de exportação: representa os fluxos de álcool entre as usinas e os terminais portuários que despacham o produto para o mercado internacional. Da mesma forma que os fluxos primários, as rotas de exportação podem envolver alternativas de transporte rodoviárias ou intermodais. Os veículos utilizados nessa etapa são semelhantes aos veículos observados nos fluxos primários;

iv) Fluxos de transferência: envolve o deslocamento de combustível entre uma base de distribuição para outra base. Os principais corredores de transferência de combustíveis contam com uma infraestrutura de transporte mais desenvolvida, envolvendo maior número de rotas ferroviárias, hidroviárias e dutoviárias, conforme ilustrado pela Figura 2.19. Os veículos utilizados nessa etapa são os mesmos observados nos fluxos primários;

Figura 2.19 - Bases de combustíveis e importantes fluxos de transferência
 Fonte: Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e Lubrificantes - SINDICOM (2010)

2.3 MODELOS DE FLUXOS DE TRANSPORTE, LOCALIZAÇÃO E USO DA TERRA

2.3.1 Modelos de localização e uso da terra

Os modelos de localização de indústrias, armazéns e outras infraestruturas logísticas são de grande relevância para a racionalização da configuração espacial de complexos industriais e sistemas logísticos. A disposição racional de fábricas ao longo da cadeia de suprimentos pode resultar na minimização dos custos de transporte, minimização do consumo energético e minimização de emissões de CO₂ ou ainda na maximização do lucro e benefícios econômico-sociais, propiciando assim maior competitividade para a cadeia de produção. Além disso, esse tipo de ferramenta permite simular o comportamento dos tomadores de decisão quanto à escolha das áreas que deveriam abrigar novas plantas industriais, auxiliando, portanto, no desenvolvimento de projeções a respeito do processo de ocupação de terras e sobre o avanço espacial de determinado setor econômico. Informações dessa natureza são de grande relevância

para a orientação de políticas públicas de desenvolvimento, políticas ambientais, investimentos em ativos produtivos, planejamento de sistemas logísticos e infraestrutura de transportes, dentre uma série de outras atividades de planejamento.

Esse capítulo tem como objetivo apresentar os primórdios conceituais que fundamentam a teoria da localização e modelos de uso da terra, avançando sobre modelos subsequentes que compartilham do mesmo corpo conceitual. Também almeja apresentar aplicações bem sucedidas do ferramental para fins de planejamento de sistemas agroindustriais. Por fim, essa seção também discute sobre a relação entre os modelos de localização e dos modelos de fluxos inter-regionais.

Ballou (2006) destaca o papel das forças direcionadoras nas decisões relacionadas à localização de instalações industriais e logísticas, e ressalta que essas variam em função do tipo de atividade. No caso de fábricas, revelam-se proeminentes os fatores econômicos, já no caso de infraestruturas de varejo a receita gerada e lucratividade são bastante relevantes. De outra ótica, quando se analisa a localização de operações de serviço, como caixas automáticos, centros de coleta e hospitais, o critério facilidade e tempo de acesso assume maior peso no processo de decisão.

Conforme documentado por T. Puu 1997, Von Thünen apresenta as idéias pioneiras sobre os modelos de uso da terra. O autor sugere que a ocupação do solo ao redor de um grande mercado consumidor acontece de forma especializada e concêntrica, promovendo a ocupação das áreas na forma de círculos, formando os anéis de Von Thünen. A distribuição espacial da produção aconteceria de forma a maximizar o lucro das empresas, determinado pelo preço do produto no mercado central menos o custo de transporte até a região de produção. Com base no pressuposto, o custo de transporte da mercadoria até o mercado principal seria um fator que poderia viabilizar ou não a ocupação do solo em determinada região. Sendo assim, em função das características da carga e do preço do produto em cada mercado, algumas regiões podem ser atrativas para alguns produtos e outras não.

Segundo o modelo de Von Thünen, as atividades econômicas buscam a maximização do lucro e dessa ótica as alternativas econômicas mais rentáveis em cada região seriam implantadas com preferência, e o processo de ocupação resultaria em “anéis” derivados da especialização da produção, haja vista que o custo de transporte era considerado

homogêneo e proporcional à distância euclidiana entre a produção e o mercado consumidor, assim como a produtividade das terras.

Merecem destaque também os trabalhos de Alfred Weber, que foi um dos autores precursores das idéias que fundamentam os modelos de localização econômica. Sua principal obra sobre o assunto, traduzida para o Inglês em 1929 (Weber, 1929) veio à tona em momento em que a revolução industrial já estava bem estabelecida e a construção de novas infraestruturas de transporte ampliavam as opções para a implantação de novas unidades fabris e centros de distribuição. Esse cenário gerou uma série de indagações a despeito do comportamento da distribuição espacial das indústrias e acabou contribuindo com o amadurecimento das teorias sobre o assunto.

O modelo sugerido por Weber considerava uma série de fatores influenciando a decisão de escolha da localização ótima de indústrias, mas de certa forma, todos estavam relacionados à minimização do custo de produção. Weber sugere que as variações da localização espacial de uma indústria podem afetar três grandes aspectos daquele negócio: i) separação espacial entre produção e distribuição, diversificação de processos e divisão do trabalho entre as indústrias; ii) custos de aquisição de matéria prima e insumos auxiliares; iii) custos de manufatura (que depende de fatores como preço e capacitação de mão de obra, tecnologia etc.) e nos custos de transporte para distribuição dos produtos.

Dessa ótica, suas idéias a respeito da teoria da localização sugerem que a escolha de uma localidade deva levar em consideração a minimização dos custos de transporte e mão-de-obra de uma determinada indústria, mas ainda devem considerar alguns fatores adicionais:

- i) O ponto de ótimo de custo de transporte, com base na média ponderada dos custos dos fluxos de insumos e produtos acabados. Para ilustrar esse critério, o autor usa como exemplo a análise da localização ótima de uma indústria (k) a ser situada entre duas regiões de oferta de matéria-prima (o) e uma região de consumo (d), formando um triângulo:

Figura 2.20 - Triângulo de Weber
Fonte: Elaborado pelo autor

A localização da indústria k deve ser tal que as distâncias entre k e as origens de matéria-prima o multiplicadas pelo volume de carga movimentado entre k e o , mais a distância entre k e o local de demanda d multiplicado pelo fluxo nesse arco seja o mínimo possível.

Dessa ótica, indústrias que demandam grandes volumes de matéria prima em relação à movimentação de produtos acabados tenderiam a localizarem-se mais próximas das regiões de oferta dos insumos.

- ii) As distorções causadas pelo custo de mão-de-obra, observando que menores despesas com mão-de-obra, podem justificar maiores distâncias;
- iii) Tendência de aglomeração e desaglomeração de indústrias.

Segundo os princípios do modelo apresentado por Weber, no caso daquelas indústrias que precisam movimentar grandes quantidades de matéria-prima para abastecer a indústria, mas os fluxos de entrega de produtos acabados são relativamente menores, tendem a localizarem-se próximas às regiões produtoras, como por exemplo, a indústria transformadora de minério de ferro. Se analisarmos a indústria sucroalcooleira, observamos um comportamento semelhante, já que as regiões que fornecem cana-de-açúcar para a produção de álcool e açúcar estão predominantemente localizadas aos arredores da planta industrial.

Conforme documentado por Townroe (1968) a teoria clássica sobre a localização industrial teve como pilar conceitual a teoria econômica da firma, e se apoiava sobre dois postulados importantes que afirmavam que as empresas tinham como objetivos

básicos a maximização das receitas e minimização dos custos, sendo esses os principais critérios norteadores dos tomadores de decisão quanto à localização da firma. Segundo o autor, Weber (1929) sugeriu a minimização de custos como fator determinante da distribuição espacial da economia e Losch (1954) ampliou o critério de escolha migrando para a ótica de maximização das receitas. Na opinião de Townroe (1968), os modelos posteriores a despeito da teoria da localização buscaram incorporar novos fatores determinantes da escolha como variações no mercado e condições de incerteza, contudo, o corpo teórico ainda não havia incorporado a teoria comportamental das empresas. O autor argumenta que uma série de pesquisas a despeito do processo de migração das empresas revelou falta de racionalidade econômica na escolha da localização e uma subvalorização dos custos e lucro em detrimento de critérios de natureza subjetiva, e realça que os fatores são vários podendo ser externos e internos, e atuam de forma complexa, às corporações que interferem na distribuição espacial destas. Partindo dessa justificativa o autor desenvolveu um trabalho para identificar os fatores comportamentais que vinham interferindo na escolha locacional das empresas e desenvolveu um modelo de escolha com base na observação do comportamento da distribuição espacial de empresas. O autor também discute sobre a natureza da empresa e sobre o comportamento distinto de empresas, afirmando que firmas pequenas e familiares podem atribuir um maior peso para critérios como nível de segurança e política fiscal, enquanto as grandes corporações podem considerar mais importante as expectativas de crescimento da empresa e no que tange às empresas públicas, essas também têm outros objetivos sociais e econômicos que podem sobrepor os interesses de maximização do lucro da instituição.

Ballou (2006) advoga que apesar da importância dos modelos conceituais para o entendimento do problema de localização, a popularização da matemática aplicada e o avanço das capacidades computacionais para fins de resolução de problemas complexos e de dimensões reais acabam propiciando o uso de métodos para determinação do rearranjo espacial ótimo dos elos de uma cadeia de suprimento. Alguns métodos abordados pelo autor são: centro de gravidade exato, p-gravidade, método do mediano, método centróide, programação linear inteira combinada, métodos de simulação, métodos heurísticos e programação linear dirigida.

Stollsteimer (1963) destaca a importância do estabelecimento de um rearranjo espacial racional e otimizado de um complexo de indústrias para fins de maximização do lucro das empresas. Segundo o autor, o número de plantas que a empresa deve ter, onde estas plantas deveriam estar localizadas, qual o tamanho desejável para cada planta, onde a matéria-prima a ser processada deve ser originada e a forma de distribuição do produto final são decisões freqüentes que devem ser tomadas pelas empresas com múltiplas plantas, e vão direcionar os investimentos tanto na firma quanto em equipamentos. Tal autor desenvolveu modelo matemático para fins de determinação do número, tamanho e localização de plantas industriais, levando em consideração os fluxos de matéria-prima para abastecimento das unidades industriais.

King & Logan (1964), além do custo de transporte da matéria-prima, incorporam também o custo de distribuição de produtos acabados em um modelo de otimização para determinação da quantidade de unidades industriais, localização e tamanho ótimo das plantas, e aplicam o modelo para localização de abatedouros de bovinos nos E.U.A.

Polopulos (1965) adapta o modelo de Stollstaimer e propõe uma versão multiproduto, testada em um caso de otimização de uma cadeia que envolvia três produtos distintos, 25 localidades de origem das matérias-primas e 10 locais potenciais para implantação da indústria, na região de Lousiânia (E.U.A).

Kilmer et al. (1976) sugerem um modelo dinâmico, que leva em consideração o aspecto temporal e variações dos fluxos de matéria-prima e produtos acabados, para auxiliar o planejamento da rede de *packing-houses* e abertura de novas unidades no estado da Flórida, EUA. Segundo os autores a programação estática gera uma solução referente a um período de longo prazo, já a programação dinâmica permite incorporar os efeitos de curto prazo na solução, e conseqüentemente as alterações dos níveis de oferta da matéria-prima.

Os exemplos citados evidenciam a importância e aplicabilidade dos modelos de localização para a determinação do rearranjo espacial ótimo de cadeias logísticas e sistemas industriais com grande número de plantas e produtos. É importante mencionar que o avanço da capacidade de processamento dos computadores vem propiciando o desenvolvimento de modelos cada vez mais complexos e que envolvem um maior número de variáveis, e assim, permitindo desenvolver representações cada vez mais

detalhadas das cadeias. No caso dos modelos de localização de plantas industriais e infraestruturas logísticas, vem sendo bastante comum o uso de métodos de programação linear mista, fazendo uso de variáveis inteiras na estrutura matemática do modelo, já que permite resolver esse tipo de problema através de um método exato – com garantia de obtenção do ótimo global.

Lopes e Caixeta Filho (2000) sugere uma estrutura de programação linear inteira mista aplicada para analisar a distribuição mais eficiente de granjas de suínos no estado de Goiás. Os resultados do modelo propiciaram a identificação dos fluxos de milho e soja para abastecimento das indústrias, a capacidade dos abatedouros a ser instaladas nas localidades ótimas e a escala dos abatedouros, assim como as regiões de fornecimento de suínos para os abatedouros, informações fundamentais para o planejamento do setor. O autor enfatiza a relevância do estudo da distribuição espacial da suinocultura e abatedouros dentro do Estado, atividade que vinha se expandindo nessa região, de modo a se obter uma cadeia que resultasse na minimização dos custos de transporte envolvidos.

Também fazendo uso de programação linear inteira mista, Oliveira (2005) desenvolve um modelo para determinação da localização ótima para implantação de terminais de transbordo dedicados para embarque de açúcar na malha ferroviária da Brasil Ferrovias.

A partir do mesmo ferramental Ferrari (2006) desenvolve um modelo com o objetivo de sugerir os melhores locais para implantação de novos armazéns de soja no Estado de Mato Grosso.

Xavier (2007) propõe uma estrutura de modelo para escolha dos sítios mais apropriados para implantação de tanques (bases de distribuição) na cadeia de suprimento de etanol do país. Os resultados do modelo propiciam a identificação dos fluxos primários de etanol, entre usinas e bases de distribuição, dos fluxos de transferência, que ocorre entre as bases de distribuição e dos fluxos de entrega do produto aos postos de varejo ou aos terminais portuários. Ademais, indicam as localidades que revelam o maior potencial para implantação de novos tanques e a capacidade de *tancagem* desejável em cada local.

Outra aplicação dessa técnica em sistemas agroindustriais está documentado no trabalho de Zucchi (2010), que através de um modelo dinâmico gera resultados a respeito da indicação de locais potenciais para instalação de abatedouros destinados para o mercado de exportação. Os resultados do modelo também indicam os volumes dos fluxos para abastecimento dessas unidades industriais, o tamanho das plantas e os fluxos entre abatedouros e terminais portuários.

2.3.2 Modelos para simulação de fluxos inter-regionais de transporte

Os princípios conceituais que cercam os modelos de localização espacial e uso da terra acabam envolvendo a movimentação de mercadorias, custos de transporte e receitas geradas pelo intercâmbio comercial, e dessa ótica guardam certa similaridade com os modelos de simulação de fluxos inter-regionais. Essa seção presta-se a fazer uma discussão sobre essa classe de modelos, com especial atenção ao Modelo de Equilíbrio Espacial, cujo conceito estruturou concepção do modelo desenvolvido nesse trabalho.

Um estudo encomendado pela Commission of the European Communities, realizado pela Actions de Préparation, D'accompagnement et du Suivi – APAS (1996) realça que os modelos estratégicos de transporte são instrumentos de suma importância para identificar ineficiências econômicas decorrentes das variações nos preços de transporte, inadequação de redes de transporte, problemas de congestionamento de vias, aumento dos impactos ambientais e avaliação do consumo energético. Segundo Friesz et al. (1983), o desenvolvimento de uma ferramenta acurada de previsão de movimentação de cargas em uma rede viária é de grande valia para os tomadores de decisão, dando suporte à elaboração de políticas públicas de transporte e para o planejamento do posicionamento estratégico de empresas privadas. Na visão de Garrido e Mahmasani (2000), o sistema de transporte de cargas é um componente-chave de um mercado econômico, e, conseqüentemente, está em constante mudança em função das variações da atividade econômica, o que realça o papel das ferramentas de previsão e simulação de fluxos de carga. Corroborando tal argumentação, Martins (2004) assinala que os modelos de transporte representam “um primeiro passo para o planejamento e a intervenção nos sistemas de transporte para efeito de correção de estrangulamentos e hierarquização de investimentos, por exemplo” (MARTINS, 2004, p. 37).

Em meados da década de 70 era notável a carência de modelos de previsão de fluxos de cargas inter-regionais. Até então, os modelos em desenvolvimento focalizavam a simulação e estimativa de demanda de transporte de passageiros. O primeiro modelo de previsão de fluxos voltado ao transporte de cargas é referenciado na literatura como Harvard Model. Segundo Crainic et al. (1990), este modelo desenvolvido por Kresge e Roberts em 1971 propunha uma representação bastante simplificada da rede de transporte, e adotava como critério para alocação das cargas a minimização do custo total de transporte entre as regiões de origem e destino.

Face à enorme contribuição que os métodos voltados para análise e estimativa dos fluxos de cargas entre localidades proporcionam para o planejamento estratégico dos sistemas de transportes, grande número de estudos e modelos foram desenvolvidos para essa finalidade. Os novos trabalhos buscavam apresentar modelos que permitissem uma simulação mais detalhada e precisa dos comportamentos dos agentes envolvidos com a movimentação de mercadorias em uma economia. Uma série de métodos foi apresentada ao longo da década de 80 e 90 sugerindo representações mais aprimoradas do sistema de transporte. Como exemplo dos avanços das novas abordagens, emergiram na literatura especializada modelos que incorporavam em sua estrutura funções de custo de transporte não lineares e sensíveis às economias de escala, restrições que consideravam os efeitos de congestionamento nos trechos ferroviários da rede intermodal, funções que representavam atrasos decorrentes das operações em pátios ferroviários e estações ou ainda que considerassem a movimentação de equipamentos de transporte vazios ou especializados para cada tipo de produto na malha intermodal.

De forma generalizada, a concepção dos modelos de simulação do fluxo inter-regional de mercadorias focaliza o comportamento dos agentes econômicos envolvidos na etapa de movimentação de cargas - tais como embarcadores e transportadores - com o intuito de prever as quantidades, as rotas e os modais envolvidos no transporte entre as regiões de produção e de consumo.

Friezs e Harkers (1983b) conceituam os agentes e interações comumente considerados na modelagem de sistemas de transporte de cargas. Segundo os autores, os primeiros passos para análise de um sistema de transportes parte da divisão geográfica do objeto de análise em um conjunto de sub-regiões. Para cada unidade geográfica é definido um centróide que representa uma região na qual está localizado um conjunto de produtores

e consumidores, sendo que as interações entre estes ocorrem via preços das diferentes commodities comercializadas. Os movimentos de cargas entre as sub-regiões ocorrem por intermédio de dois agentes econômicos, os embarcadores e os transportadores. Baseados na abordagem microeconômica de Samuelson (1952), Takayama e Judge (1964) conceituam a função dos embarcadores, que têm como papel definir a quantidade de cada commodity e os meios através dos quais elas serão transportadas, em função dos valores de frete e dos níveis de serviço oferecidos pelos transportadores. São os embarcadores que coordenam os movimentos entre as regiões e escolhem a melhor maneira para o transporte das cargas, que ocorre por intermédio da atuação de outros agentes, os transportadores. A concepção teórica apresentada pelos autores também considera as forças governamentais atuando nos sistemas de transporte que são representadas pelo conjunto de agências federais, estaduais e municipais relacionadas à regulação dos transportes e fornecimento de infraestrutura. A Figura 2.21 ilustra os principais agentes e interações existentes entre eles em um sistema de transportes.

Figura 2.21 - Agentes e interações envolvidos em um sistema de transporte
Fonte: Friesz e Harkers (1983)

Os modelos usados mais freqüentemente para simulações e estimativas da demanda de carga e fluxos interregionais podem ser divididos em três grandes classes: Modelos de

Equilíbrio Espacial (*Spacial Price Equilibrium Models*), Modelos de Escolha Discreta (*Discret Choice Models*) e os Modelos de Equilíbrio de Redes (*Network Equilibrium Models*).

Os modelos de Equilíbrio Espacial começaram a ser mais amplamente difundidos a partir dos trabalhos de Samuelson (1952), Takayama e Judge (1964, 1971). Até então, a maior parte dos modelos de equilíbrio econômico ainda não incorporavam no critério para alocação de mercadorias os custos de transporte e custos de transações, decorrentes do distanciamento geográfico das regiões de oferta e consumo e das regras de comercialização entre os diferentes mercados.

Conforme documentado por Enke (1951), alguns problemas econômicos há tempos vinham despertando o interesse de estudiosos para o desenvolvimento teórico de modelos que levassem em consideração o impacto dos custos de transporte na formação dos preços locais e, conseqüentemente, no intercâmbio de bens entre regiões geograficamente separadas. O autor argumenta que em face dessa lacuna teórica, uma série de conceitos econômicos importantes foram desenvolvidos apoiados em pressupostos que não consideravam o distanciamento espacial dos agentes econômicos. Como exemplo o autor cita a teoria da competição perfeita, que assume um único local para todos os compradores e vendedores.

Labys e Yang (1997) investigam a evolução dos modelos de Equilíbrio Espacial e analisam as sucessivas abordagens que fundamentaram o cerne conceitual dessa família de modelos. Segundo os autores, a simulação do intercâmbio comercial entre regiões distintas foi sugerida inicialmente através do modelo linear clássico de transportes, disseminado por Hitchcock (1941), Kantorovich (1942) e Koopmans (1949). Na sequência destaca-se o método apresentado por Enke (1951), que sugere um modelo desenvolvido com base em lógica análoga à lei dos circuitos elétricos proposta por Kirchhoff, e por fim discutem sobre os desdobramentos do modelo de programação quadrática proposto por Takayama e Judge (1964, 1971). Segundo os autores, esse conjunto de ferramental teórico foi aplicado numerosas vezes na simulação dos mercados de commodities, particularmente, aqueles correlatos ao setor agroindustrial e ao setor de energia.

Conforme documentado por Karl & Taeuber (1955) os modelos clássicos de transporte são bastante similares aos modelos de equilíbrio espacial e ganharam espaço na literatura de programação linear, haja vista os numerosos casos de sucesso de aplicação desse ferramental na simulação do comportamento de uma gama de setores industriais. Segundo os autores, esses modelos matemáticos consideram valores de oferta e demanda pré-estabelecidos, sendo que os fluxos entre as origens e destinos devem ser alocados de forma a minimizar o custo total de transporte. Também abordam sobre o *“Contract Award Model”*, que apresenta um conceito muito próximo do modelo clássico de transportes, mas se diferencia desse, pois considera que a oferta total nos centróides de embarque de carga é maior do que a demanda total de carga nos centróides de consumo, sendo que o problema central é alocar as vendas de modo a minimizar o custo total de distribuição (preço FOB mais o frete). No mesmo trabalho, os autores discutem sobre o modelo de equilíbrio espacial (*“Spatial Price Equilibrium Model”*), apresentando as diferenças entre os modelos. Segundo os autores, no caso do modelo de Equilíbrio Espacial o preço do produto em cada centróide é uma variável endógena e recebe influência das quantidades entregues em cada mercado e também da quantidade ofertada naquele mercado. Os autores ressaltam que essa classe de modelos - que incorporam funções de oferta e demanda dependentes dos valores de preço - pode ser bastante útil para a análise de problemas de políticas públicas, principalmente no setor industrial. Como por exemplo, avaliar o impacto derivado das políticas tarifárias no comércio internacional, os efeitos da adoção de tarifas progressivas na economia, da regulação do mercado de fretes, de políticas de controle de preços agrícolas, dentre outros.

Enke (1951) formula um modelo para alocação espacial de fluxos de mercadorias entre mercados espacialmente separados, propondo uma solução através de uma analogia com o equilíbrio de sistemas elétricos. Conforme a abordagem sugerida pelo autor, o equilíbrio dos fluxos interregionais de cargas aconteceriam de maneira semelhante ao equilíbrio da corrente elétrica dentro de um dado circuito. O autor busca definir a lógica econômica que nortearia o fluxo de produtos entre diferentes regiões, utilizando como exemplo um mercado composto por três regiões distintas, conforme apresentado a seguir:

Considere um sistema econômico composto por duas regiões (i, j) que realizam o intercâmbio de mercadorias entre si e apresentam custo de transporte relevante para a movimentação dos bens entre os mercados. Definindo-se o custo de transporte da *commoditie* m entre os mercados i e j como T_{ij}^m , e assumindo que esse independe do volume de carga movimentado e do sentido do fluxo, a exportação de produtos do mercado i para j (E_{ij}^m) irá existir se $A_i^m + T_{ij}^m < A_j^m$, onde A_i^m representa o preço de equilíbrio do produto m no mercado i e A_j^m o preço do produto m no mercado j . Caso contrário, se $A_j^m + T_{ij}^m < A_i^m$, essa condição definirá i como um mercado importador, cuja quantidade importada é expressa por $-E_{ij}^m$. O fluxo de carga entre as regiões pode ser definido a partir de uma função linear de comercialização dos produtos, determinando-se assim a quantidade exportada e importada:

$$E_{ij}^m = b_1[(A_i^m + T_{ij}^m) - A_j^m]$$

Samuelson (1952) sugere uma formulação matemática para o problema de equilíbrio espacial, desenvolvendo uma solução algébrica para o escopo do problema idealizado por Enke. Conforme documentado pelo autor, a maior parte dos modelos de equilíbrio de fluxos comerciais concebidos até então se baseavam no equilíbrio comercial em mercados isolados. Contudo, em função da limitação desses métodos para fins de simulação do intercâmbio comercial entre regiões distintas e espacialmente separadas, alguns estudiosos vinham se empenhando para desenvolver modelos de equilíbrio que incorporassem os efeitos dos custos de transporte entre mercados separados, além de outros custos de transações decorrentes do intercâmbio comercial entre esses mercados. Essa abordagem deu suporte aos Modelos de Equilíbrio Espacial, cujo corpo conceitual foi formalizado através do trabalho de Samuelson (1952). O autor ilustra a idéia que consolida essa classe de modelos através um exemplo que representa um sistema econômico composto por dois mercados distintos que realizam intercâmbio comercial de uma *commoditie*, conforme descrito a seguir:

Considere duas localidades distintas (1 e 2) cujos mercados correlatos a *commoditie* A encontram-se em equilíbrio nas condições de preço A_1 e A_2 . Além disso, sabe-se que o custo de transporte entre esses mercados são correspondentes a T_{12} e T_{21} , e esses não apresentam economia de escala, ou seja, não variam em função da quantidade transportada. Caso seja possível o intercâmbio comercial entre esses mercados e se A_2 -

$A_1 > T_{12}$, essa condição estimula acréscimo da oferta em 1 que será exportada para 2 (E_{12}), e vai gerar um novo equilíbrio na condição de preço B, determinado pelo intercepto das curvas correspondente ao excedente de oferta (ES) de cada mercado. Nessa nova condição de equilíbrio, o preço da commodity A no mercado 2 (P_2) será igual o preço no mercado 1 (P_1) mais o custo de transporte T_{12} , nível de preço que não justifica entregas adicionais no mercado 2. Esse comportamento é ilustrado pela Figura 2.22.

Figura 2.22 - Equilíbrio entre oferta e demanda considerando o intercâmbio comercial de mercados separados espacialmente
Fonte: Samuelson (1952)

O autor sugere uma representação dos dois mercados através de um gráfico “*back to back*”, onde o eixo das abscissas correspondente ao mercado 1 é deslocado verticalmente em uma distância T_{12} , o que significa dizer que o preço da commodity exportada por 1 é percebida no mercado 2 como $P_1 + T_{12}$. Além disso, T_{21} não é representado, pois o exemplo parte do pressuposto de que o preço de equilíbrio inicial A_2 é maior do que A_1 , condição que caracteriza o mercado 2 como importador, e torna irrelevante o valor de T_{21} para a análise dos fluxos comerciais.

Labys e Yang (1997) apontam dois importantes desenvolvimentos teóricos decorrentes dos avanços das técnicas de programação quadrática o Portfolio Selection Method (PSM), desenvolvido por Markovits (1959), e o Equilibrium Spatial Price (ESP), através das formulações pioneiras de Enke (1951), Samuelson (1952), Takayama e Judge (1964,

1971). Os autores ressaltam que o modelo de Equilíbrio Espacial - ESP - vinha sendo largamente utilizado para estudos empíricos relacionados ao mercado de commodities minerais, agrícolas e energéticas, além de fundamentar ou auxiliar novos desdobramentos teóricos correlatos a uma variedade de modelos de interação espacial, incluindo os modelos entrópicos, modelos gravitacionais, modelos de fluxos em rede, entre outros.

Com o intuito de facilitar as comparações entre as classes dessa família de modelos Labys e Yang (1997) apresentam três tipos de modelos espaciais: os modelos clássicos de transporte, que consideram níveis de produção, consumo e as capacidades como valores fixos, os modelos de equilíbrio espacial com demanda constante, e uma terceira classe de modelos desenvolvidos a partir de Takayama-Judge, que pressupõe níveis variáveis de oferta e de demanda, cujos valores são determinados endogenamente ao modelo.

Friezs e Harkers (1983b) abordam os conceitos teóricos que fundamentam os modelos de equilíbrio de redes de transporte de cargas. Segundo os autores, o enfoque desta classe de modelos está voltado para as interações entre agentes embarcadores e transportadores. Ao contrário dos modelos de equilíbrio espacial, que consideram funções de oferta e demanda para estimar as quantidades ofertadas e demandadas em um dado centróide, os modelos de equilíbrio de redes tratam as quantidades de oferta e demanda como variáveis exógenas, determinadas externamente ao modelo. Os autores realçam que, muitas vezes, estes tipos de modelo caracterizam-se por uma abordagem sequencial, constituída por dois estágios: a primeira etapa volta-se para a estimativa da demanda por transportes apresentada pelos embarcadores; posteriormente, simula-se o comportamento dos transportadores quanto à forma e ao nível de serviço de transporte que será oferecido para atender àquele fluxo. Estes modelos baseiam-se na alocação dos fluxos de cargas entre centróides geradores de carga e centróides de atração de carga, considerando valores fixos de oferta e demanda sobre uma rede viária, multimodal ou não, de forma que estes fluxos encontrem a menor impedância possível (exemplos de impedância incluem os custos de transporte, tempos de viagem - *transit time* - confiabilidade, dentre outras características do serviço de transporte).

Seguindo a abordagem dos modelos de equilíbrio de rede Friez et al. (1981) apresentam um modelo denominado Freight Network Equilibrium Model – FNEM, que considera as

decisões de embarcadores e transportadores, simuladas de maneira seqüencial. O FNEM também abordava os efeitos de congestionamento de vias ferroviárias através de funções de atraso inseridas na estrutura matemática do modelo. A função de custo de transporte era não-linear, o que propiciava diminuição dos custos de transporte em relação às economias de escala e em relação aos efeitos de congestionamento de vias.

Crainic et al. (1990) apresentam um modelo multimodal multiproduto com função de custo de transporte não-linear, efeitos de congestionamento - tanto nos arcos da rede como nos pátios e terminais ferroviários - sendo que o modelo também permitia a simulação da movimentação de vagões vazios na rede ferroviária. Este modelo foi denominado Strategic Analysis - STAN e foi aplicado em vários países como ferramenta de planejamento estratégico da rede de transportes.

Fernandez et al. (2004) desenvolveram um modelo estratégico para estimativa de demanda de carga ferroviária que propiciava uma representação bem detalhada das operações de manobras e transbordos na rede ferroviária, da movimentação de diferentes tipos de vagões para atender o fluxo de diferentes produtos, das restrições de capacidade de trechos ferroviários e da movimentação de vagões vazios.

Em conjunto com o GEIPOT, o modelo STAN foi adequado e calibrado para simulações do fluxo de cargas através do sistema de transporte de cargas brasileiro. Crainic et al. (1990) revelam que para atender a realidade brasileira, o modelo STAN foi adaptado para simulações com até dez modalidades diferentes de transporte, frente à necessidade de ajustar o modelo às diferenças de bitola da rede ferroviária brasileira e os diferentes tipos de tração (diesel ou elétrica) utilizados na época. As informações a respeito da oferta e demanda de cargas foram fornecidas pelo GEIPOT, na forma de matrizes Origem-Destino. Mais informações a respeito do uso do modelo STAN para estimativa dos fluxos de cargas no país foram documentadas por Crainic e Florian (1989).

Ahuja (1993) sugere um modelo linear de otimização de fluxos em redes, que também pode ser aplicado para a simulação de redes de transporte. O problema, denominado Problema de Fluxos Multiprodutos (*Multicommodity Flow Problem*), considera a minimização do custo total de transporte e é indicado para a resolução de problemas de fluxos em rede, cujos arcos são compartilhados por mais de um produto. A priori, este modelo não exige a calibração de parâmetros das funções de oferta e demanda, já que

são tratadas como variáveis exógenas. A formulação linear do modelo garante que a solução envolva um ponto de ótimo global. Além disso, os dados de oferta e demanda de carga em cada nó da rede de transportes e a impedância associada a cada arco da rede são os únicos requisitos para a aplicação do modelo na simulação de fluxos em rede.

Barrett (1996) destaca que o comportamento espacial e intertemporal, além de serem determinados pela competitividade dos mercados face ao impacto de políticas econômicas, também é uma questão empírica inerente às análises do fluxo de comércio entre diferentes mercados. Nesse sentido, observou-se na década de 90 uma rápida propagação de métodos e inovações utilizados para avaliar as interações entre mercados e seus preços, apoiados nas ferramentas de análise de séries temporais.

O autor classifica esse conjunto de métodos em três níveis distintos. Os modelos do Nível I são mais clássicos e têm foco na análise da correlação de preços, são conhecidos como métodos “*price analyses*”. Já os modelos do Nível II combinam preços e os custos de transação, que compreendem os custos de transporte, custo de negociação, riscos entre outros fatores que oneram a comercialização de produtos em outros mercados. Esses modelos são aqueles que mais se ajustam ao conceito de equilíbrio espacial. Por fim, os métodos classificados como Nível III partem do princípio dos modelos de equilíbrio espacial, mas incorporam informações sobre fluxos reais de comércio com o intuito de embutir custo de transações não observáveis nas simulações do intercâmbio comercial.

O modelo concebido no desenvolvimento da Tese tem como foco a distribuição geográfica da oferta de cana-de-açúcar. Sua estrutura lógica fundamenta-se no corpo conceitual dos Modelos de Equilíbrio de Fluxos em Rede - como o modelo *Multi-commodity Multi-product Network Flow Problem* sugerido por AHUJA (2003). O modelo trata os preços praticados em cada mercado com variáveis endógenas, ou seja são considerados fixos, característica que permite desenvolver uma estrutura algébrica linear, solucionável através de métodos de Programação Inteira Mista. Dentre as técnicas disponíveis para solucionar problemas dessa natureza, merece destaque o método “Branch and Bound” – que fundamenta grande parte dos algoritmos utilizados atualmente para solução de problemas complexos e de grande escala – e que tem como principal vantagem a obtenção de ótimo global. Cabe mencionar que o modelo também guarda similaridades com os modelos de equilíbrio espacial, já que as quantidades totais de produtos entregues em cada localidade é escolha do modelo - variável endógena, mas

respeitando valores máximos e mínimos da demanda em cada destino e as condições de linearidade das equações de demanda.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 REDE DE TRANSPORTE CONSIDERADA NA MODELAGEM

Visando prover um melhor entendimento a despeito do método desenvolvido, esta seção focalizará inicialmente na descrição da configuração do sistema intermodal de transporte considerado na concepção do modelo matemático.

O grafo expresso na Figura 3.1 representa o sistema de transporte adotado na construção do modelo. A rede é composta por nós, que representam as localidades de origem, destino ou transbordo de cargas, e arcos, que representam as diferentes combinações de transporte rodoviário ou intermodal entre as origens e destinos dos fluxos.

Figura 3.1 - Grafo representativo do sistema de transporte intermodal considerado na modelagem matemática

Fonte: elaborado pelo autor

Os nós denominados o são centróides de oferta escolhidos para representar uma determinada região de produção sucroalcooleira, ou que apresenta potencial para expansão da produção de açúcar e etanol. As regiões de oferta pertencem a uma dada Unidade da Federação u .

Os centróides de demanda são representados pelos nós rotulados por d , localizados na Unidade da Federação u' . Existe um subconjunto das localidades de destino denominado d' que compreende os terminais portuários aptos para exportação dos produtos p . Dessa forma, os fluxos de exportação acontecem através do conjunto de centróides d' .

Os fluxos de transporte são representados pelos arcos da malha. A variável $R_{oudu'}^{cp}$ corresponde às quantidades do produto p (açúcar ou etanol) transferidas entre o e d pela modalidade rodoviária, correlatos ao canal de comercialização c , que pode ser o mercado doméstico (dom) ou de exportação (exp). Em outras palavras, os valores assumidos por essa variável correspondem às quantidades de cada produto transportadas através da modalidade rodoviária diretamente das regiões de oferta para as regiões de demanda do mercado doméstico ou exportação. Cabe mencionar, que no caso dos fluxos de etanol, considera-se como destino final das cargas as bases de distribuição de combustível, ou seja, as variáveis do modelo matemático não compreende os fluxos entre as bases e os postos de varejo.

Os arcos PR_{out}^{cp} representam os fluxos rodoviários de cada produto entre os centróides de origem e os nós t , que corresponde às localidades com infraestrutura para realização de operações de transbordo e proporcionam a transferência de carga para a modalidade de transporte a . Ou seja, os arcos PR_{out}^{cp} compreendem os fluxos com potencial de transporte intermodal, entre as regiões de produção e as localidades que abrigam terminais de transbordo. Esse tipo de fluxo é conhecido no mercado de transporte como “Perna Rodoviária”.

Os fluxos que chegam aos terminais de embarque t devem ser deslocados para os terminais de desembarque t' através da modalidade de transporte a . Esse fluxo é representado pela variável $IM_{tt',a}^{cp}$ e corresponde à movimentação de cargas através de modalidades alternativas à rodoviária, ou seja, consolida a ligação entre terminais de embarque e terminais de desembarque intermodais.

De forma a propiciar que as cargas sejam entregues no destino final, os fluxos intermodais são ligados às localidades de consumo através dos arcos $PRD_{t'du'}^{cp}$. Tal variável representa o transporte entre os terminais de desembarque t' e os centróides de consumo d , ou entre t' e d' caso seja um fluxo destinado para exportação (*exp*).

Mais detalhes sobre as variáveis que compõem o modelo e as definições das equações utilizadas para a modelagem proposta serão apresentados na próxima seção, reservada para descrever a estrutura do modelo matemático de otimização.

3.2 ESTRUTURA MATEMÁTICA DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO

O modelo desenvolvido para fins de escolha das localidades ótimas para a expansão da oferta de cana-de-açúcar apresenta estrutura de programação linear com a inclusão de variáveis de escolha inteiras nas restrições, caracterizando-se portanto como um problema de Programação Inteira Mista.

A estrutura de modelagem tem como função objetivo a maximização da margem definida pela geração de receita total decorrente da comercialização de açúcar e etanol nos centróides de consumo, menos o custo total de transporte para movimentação dos produtos entre as regiões de oferta e as regiões de demanda, e ainda subtraída do custo de arrendamento de terra por unidade de cana produzida nas áreas dos novos canaviais.

A função objetivo Z é assim definida:

Receita Total (RT) derivada da entrega de açúcar e etanol nas regiões de consumo, menos o Frete Total (FT), subtraída do Custo de Cana (CC). A otimização busca a maximização da função objetivo, equacionada em (1).

$$Max Z = RT - FT - CC \quad (1)$$

Note-se que o critério para alocação dos fluxos inter-regionais de açúcar e etanol, assim como das localidades escolhidas para ampliação da oferta de cana-de-açúcar, não se manifesta apenas pela minimização do custo de transporte, pois incorpora também na função objetivo o preço potencial de venda dos produtos sucroalcooleiros em cada região de consumo e o custo unitário de arrendamento da cana – que depende do valor

de arrendamento de terra em cada região de origem e da produtividade dos canaviais naquela localidade.

É importante frisar que a função objetivo do modelo não compreende todos os itens que compõem o custo final do açúcar e etanol acumulado ao longo da cadeia de abastecimento, como por exemplo: custos agrícolas, custos industriais, custos de comercialização, margens de lucro dos elos da cadeia de abastecimento, incidência de impostos, dentre outros itens que fazem parte da cadeia de adição de valor dos produtos sucroalcooleiros. Não obstante, a estrutura desenvolvida considerou fatores bastante relevantes para a escolha da localização e distribuição da oferta futura de cana-de-açúcar e na alocação dos fluxos inter-regionais, como o preço de vendas em cada região de destino, o custo de transporte e o custo unitário de arrendamento de terras.

A Receita Total RT é determinada pelas quantidades dos produtos p entregues nos centróides de consumo d , multiplicadas pelos respectivos preços P_d^{cp} praticados nas regiões de consumo, em cada canal de comercialização c - mercado doméstico ou de exportação, conforme expresso na equação (2).

$$RT = \sum_o \sum_u \sum_d \sum_{u'} \sum_c \sum_p R_{oudu'}^{cp} * P_d^{cp} + \sum_{t'} \sum_d \sum_{u'} \sum_c \sum_p PRD_{t'du'}^{cp} * P_d^{cp} \quad (2)$$

A equação (3) define o Frete Total FT , que é obtido a partir do produto dos fluxos de transporte nos arcos R pelos respectivos valores de frete rodoviário correspondentes, mais o produto entre os fluxos nos arcos PR e os respectivos valores de frete, em adição aos fluxos intermodais IM multiplicados pelos respectivos valores de frete praticados em cada modalidade de transporte, mais o produto entre os fluxos nos arcos PRD e os valores de frete correlatos.

$$FT = \sum_o \sum_u \sum_d \sum_{u'} \sum_c \sum_p R_{oudu'}^{cp} * FR_{od}^p + \sum_o \sum_u \sum_{t'} \sum_c \sum_p PR_{out}^{cp} * FPR_{ot}^p + \\ \sum_t \sum_{t'} \sum_a \sum_c \sum_p IM_{tt'a}^{cp} * FIM_{tt'a}^p + \sum_{t'} \sum_d \sum_{u'} \sum_c \sum_p PRD_{t'du'}^{cp} * FPRD_{td}^p \quad (3)$$

Quanto ao Custo de Cana CC , expresso pela equação (4), é determinado pelo produto entre o custo unitário de cana na região o e a quantidade de cana-de-açúcar correspondente ao número de módulos de expansão NUO_{ob} em cada região de origem. O

custo unitário de cana $CUNIT_o$ é obtido pelo preço médio de arrendamento de terras na região o dividido pela produtividade média da região. Portanto, quanto maior o custo com arrendamento de terra maior o valor de CC e quanto maior a produtividade menor o valor dessa variável. Dessa forma a inclusão da variável CC na função objetivo faz com que o critério de escolha das áreas para expansão da oferta de cana-de-açúcar leve em consideração o custo de arrendamento de terra e a produtividade da região.

$$CC = \sum_o \sum_b NUO_{ob} * QMC * CUNIT_o \quad (4)$$

A seguir são apresentados os índices, variáveis e parâmetros que fazem parte da estrutura matemática do modelo desenvolvido.

i) Índices

o : Conjunto de centróides de produção de açúcar e ou etanol. Também representa regiões com aptidão para expansão da oferta de cana-de-açúcar;

u : Conjunto de Unidades da Federação (UF) na qual está localizada cada centróide o . Para cada centróide de origem existe uma única UF correspondente;

d : Conjunto de centróides de destino do açúcar e etanol. Correspondem às regiões de consumo desses produtos;

u' : Conjunto de Unidades da Federação (UF) na qual está localizada cada centróide d . Para cada centróide de destino existe uma única UF correspondente;

d' : Subconjunto de centróides de destino aptos para receber fluxos destinados para exportação. Correspondem aos portos marítimos do sistema de transporte;

p : Conjunto de produtos considerados na modelagem: açúcar ou etanol;

t : Conjunto de localidades que permitem operações de transbordo para embarque em outras modalidades de transporte. Correspondem a terminais intermodais de embarque;

t' : Conjunto de localidades que permitem operações de transbordo de desembarque. Representam os terminais de desembarque de alternativas intermodais;

c: Conjunto dos canais de comercialização: mercado doméstico (*dom*) ou de exportação (*exp*);

a: Conjunto de alternativas de transporte disponíveis para os fluxos intermodais. Podem envolver a modalidade ferroviária, hidroviária, dutoviária ou uma combinação hidro-ferroviária ou hidro-dutoviária;

b: Conjunto de alternativas tecnológicas correlatas aos módulos de expansão de cana-de-açúcar. Em outras palavras, representa o tipo de usina associada aos módulos de expansão de cana, podendo ser do tipo misto (*mist*), que permite a conversão da cana em açúcar e etanol simultaneamente, ou do tipo destilaria (*dest*), que converte a cana-de-açúcar exclusivamente em etanol.

ii) Variáveis

$R_{oudu'}^{cp}$: Fluxo rodoviário do produto p , correspondente ao canal de comercialização c , entre o centróide o localizado em u e o centróide d localizado em u' ;

PR_{out}^{cp} : Fluxo rodoviário do produto p , correspondente ao canal de comercialização c , entre o centróide o localizado em u e o terminal de embarque t ;

$IM_{tt'a}^{cp}$: Fluxo intermodal do produto p , correspondente ao canal de comercialização c , entre o terminal de embarque t e terminal de desembarque t' , através da modalidade de transporte a ;

$PRD_{t'du'}^{cp}$: Fluxo rodoviário do produto p , correspondente ao canal de comercialização c , entre o terminal de desembarque t' e o centróide d localizado em u' .

Para todas as variáveis de fluxo, adotou-se a unidade metros cúbicos (m^3) no caso do etanol e toneladas (t) no caso do açúcar;

RT: Receita Total determinada a partir do produto entre as quantidades que chegam nos centróides d multiplicados pelos preços correspondentes praticados na região;

CC: Custo de Cana (R\$), determinado pelo produto entre a quantidade adicional de cana-de-açúcar (toneladas) em o e o custo unitário de arrendamento de cana (R\$/t);

FT: Frete Total (R\$), obtido pelo produto entre os fluxos de transporte e os valores de frete correspondentes, em R\$/t no caso do açúcar e R\$/m³ para etanol;

NUO_{ob} : Variável inteira que representa o número de módulos de expansão de cana-de-açúcar do tipo b , em cada origem o . Essa variável compreende duas classes: módulos de expansão associados a usinas mistas (*mist*) e módulos de expansão associados a destilarias (*dest*). A primeira classe representa o acréscimo da oferta de cana em cada origem que será direcionada para usinas com tecnologia para produzir açúcar e etanol, e a segunda classe corresponde ao acréscimo de cana que será direcionado exclusivamente para a produção de etanol. Cabe frisar que essa variável não expressa o número de usinas e sim o número de módulos de expansão da oferta de cana-de-açúcar em cada origem, cuja quantidade é determinada pelo parâmetro QMC (quantidade modular de expansão da cana). Para fins de ilustração, se NUO_{ob} assume valor dois e $b = \{dest\}$, significa que a solução do modelo recomendou o acréscimo de dois QMC na oferta de cana-de-açúcar da região o e que deve ser destinado para uma unidade de processamento do tipo destilaria;

BT_t : Variável binária para escolha dos transbordos de embarque ativos. Tal variável tem como função limitar o embarque mínimo de cargas através do terminal t ;

FLO_o^p : Representa a quantidade total do produto p originada no centróide o ;

FLU_u^p : Corresponde à quantidade total do produto p originada na Unidade da Federação u ;

iii) Parâmetros

P_d^{cp} : Preço de venda do produto p , praticado no destino d e no canal de comercialização c em R\$/t;

FR_{od}^p : Frete rodoviário para o transporte do produto p entre os centróides o e d . No caso dos valores de frete para etanol adotou-se a unidade R\$/m³ e para açúcar adotou-se o valor em R\$/t;

FPR_{ot}^p : Frete rodoviário para o transporte do produto p entre o centróide o e o terminal de embarque t ;

$FIM_{tt'a}^p$: Frete para o transporte do produto p entre o terminal de embarque t e o terminal de desembarque t' , correspondente à modalidade de transporte a ;

$FPRD_{t'd}^p$: Frete para o transporte rodoviário do produto p entre o terminal de desembarque t' e o centróide d ;

QMC : Quantidade de cana-de-açúcar correspondente a cada módulo de expansão. Corresponde às quantidades modulares de acréscimo da oferta de cana-de-açúcar. Adotou-se o valor de 2.500.000 t de cana para QMC. Dessa forma, a solução do modelo indicará no mínimo essa quantidade a ser acrescentada na oferta de cana das origens recomendadas para fins de expansão;

$CUNIT_o$: Custo unitário correlato à expansão de cana em cada origem o (R\$/t). É obtido pela relação entre o custo de arrendamento de terra em o (R\$/ha) e a produtividade média de cana-de-açúcar estimada para o (t/ha);

$PROD_o^p$: Produção atual do produto p em o , expressa em metros cúbicos (m^3) para a produção de etanol e toneladas (t) para a produção de açúcar;

PC_o : Produção atual de cana-de-açúcar na origem o ;

PP_o : Produção potencial de cana-de-açúcar na origem o . Determinada pela área disponível para expansão da produção de cana-de-açúcar na região o multiplicada pela produtividade projetada para aquela origem;

EC^p : Fator para conversão dos fluxos do produto p em quantidade equivalente de cana-de-açúcar. É determinado pela quantidade de cana-de-açúcar necessária para a produção de um m^3 de etanol e uma t de açúcar. Adotou-se a relação 12,5 toneladas de cana para cada m^3 de etanol produzido e 8,33 toneladas de cana para cada tonelada de açúcar - parâmetros definidos com base em UDOP (2012): 60 L de etanol por tonelada de cana-de-açúcar e 120 Kg de açúcar por tonelada de cana.

LPT : Corresponde à fração máxima da quantidade de cana-de-açúcar que pode ser convertida em fluxos de açúcar quando o módulo de expansão for do tipo misto. O valor adotado para o Limite de Produção Técnica (LPT) é de 70%. Em outras palavras, esse limite significa que quando o módulo de expansão de cana-de-açúcar for do tipo misto, pelo menos 30% do volume de cana deve

ser convertido em fluxos de etanol. Essa limitação é uma restrição tecnológica das unidades industriais mistas em operação atualmente, que inviabiliza o aproveitamento pleno da cana para a produção exclusiva de açúcar.

NUMO: Valor máximo que a variável NUO_{ob} pode assumir em cada origem. Para os cenários analisados nesse trabalho, considerou-se o número máximo de oitos unidades de expansão recomendadas para cada o ;

CAP_a^p: Capacidade de transporte de cada produto p através de cada modalidade a ;

DEM_d^{cp}: Demanda existente em d correspondente produto p em cada canal de comercialização c ;

DEF_d^{cp}: Demanda futura projetada para o centróide d correspondente ao produto p em cada canal de comercialização c ;

DTMD^p: Demanda total no mercado doméstico, correspondente ao produto p ;

EMBMI: Quantidade mínima de carga para embarque em cada terminal intermodal. Como valor, adotou-se 250.000 t ou m³ para esse parâmetro nos cenários futuros;

EMBMA: Quantidade máxima de carga para embarque em cada terminal intermodal;

EP_{d'}^p: Exportação mínima do produto p através de d' ;

EMI: Fator para limitação mínima da quantidade exportada a partir de cada origem;

ET^p: Quantidade total exportada do produto p ;

EMP: Limite mínimo de exportação por porto;

EMI^p: Fração correspondente à exportação mínima por origem para cada produto p (%);

EMA^p: Fração correspondente à exportação máxima por origem para cada produto p (%);

EMT^p: Fração correspondente ao embarque máximo nas alternativas multimodais para cada produto p (%).

iv) Restrições do modelo matemático

As expressões de (5) a (10) representam as restrições de oferta incorporadas na estrutura do modelo matemático de otimização.

A restrição (5) determina que o somatório dos fluxos do produto p originados em o seja maior ou igual ao parâmetro $PROD_o^p$ - que corresponde à produção atual de cada produto em cada origem. Tal restrição garante que a soma dos fluxos através de R e PR - que corresponde à quantidade de carga originada em o - seja igual ou maior que a oferta atual desse produto em cada origem. Dessa forma, mesmo nos cenários futuros que envolvem crescimento da oferta, a quantidade de produto originada em o será no mínimo igual à produção atual.

$$\sum_u \sum_d \sum_{u'} \sum_c R_{oudu'}^{cp} + \sum_u \sum_t \sum_c PR_{out}^{cp} \geq PROD_o^p, \forall o \text{ e } p \quad (5)$$

A expressão (6) restringe que a somatória dos fluxos dos produtos p originados em o convertidos em equivalentes de cana-de-açúcar seja menor ou igual à produção atual de cana em cada origem PC_o mais o potencial de expansão da produção de cana PP_o em cada origem o . A conversão dos fluxos do produto p originados em o para equivalentes em cana-de-açúcar é obtida a partir do produto das variáveis R e PR com o parâmetro EC^p , que determina a quantidade de cana necessária para a produção de uma unidade de cada produto p .

$$\sum_u \sum_d \sum_{u'} \sum_c R_{oudu'}^{cp} * EC^p + \sum_u \sum_t \sum_c PR_{out}^{cp} * EC^p \leq (PC_o + PP_o), \forall o \text{ e } p \quad (6)$$

Ainda em relação às condições de oferta, a equação (7) restringe que soma das variáveis R e PR convertidas em equivalente de cana-de-açúcar seja igual ao processamento atual de cana PC na origem o mais a somatória da variável NUO - que representa o número de módulos de expansão de cana em cada origem - multiplicada pela quantidade do módulo de expansão de cana-de-açúcar QMC . Essa restrição garante que a oferta de açúcar e etanol convertida em equivalente de cana-de-açúcar seja igual à produção atual de cana mais o acréscimo da oferta de cana recomendado pelo número de módulos de expansão NUO em cada origem. Note-se que caso seja atribuído valor nulo à variável NUO , os fluxos originados em o convertidos em equivalente cana devem ser igual ao

processamento atual de cana PAC naquela origem, limitando a oferta de açúcar e etanol à oferta de cana atual em cada região. Caso NUO seja diferente de zero, a oferta de cana pode atingir o nível de produção atual mais os acréscimos de cana-de-açúcar sugeridos em cada região. Note-se também que essa restrição estabelece que o aumento da oferta de cana será no mínimo igual a QMC , e múltiplos desse parâmetro, já que a variável $NUO \in \mathbb{Z}^+$.

$$\sum_u \sum_d \sum_{u'} \sum_c R_{oudu'}^{cp} * EC^p + \sum_u \sum_t \sum_c PR_{out}^{cp} * EC^p = PC_o + \sum_b NUO_{ob} * QMC, \forall o \text{ e } p \quad (7)$$

Já a restrição (8) garante que o acréscimo da oferta de cana na origem o seja menor ou igual ao potencial para expansão da produção de cana-de-açúcar PP_o naquela origem.

$$\sum_b QMC * NUO_{ob} \leq PP_o, \forall o \quad (8)$$

A restrição expressa em (9) determina que o acréscimo dos fluxos de açúcar (ac) recomendados para a região o , convertidos em quantidade equivalente de cana-de-açúcar, seja menor ou igual ao acréscimo da oferta de cana-de-açúcar em cada região correspondente aos módulos de expansão do tipo misto multiplicado pelo limite tecnológico de produção de açúcar LT . Em outras palavras, através da expressão (9) o modelo restringe que a quantidade de cana correspondente aos módulos de expansão do tipo “misto” seja convertida exclusivamente para a produção de açúcar, de forma que os resultados respeitem a limitação tecnológica das unidades industriais do tipo mista. Na modelagem adotou-se que no máximo 70% da expansão de cana-de-açúcar poderia ser convertida em oferta de açúcar, quando o acréscimo da oferta fosse determinado por módulos de expansão do tipo misto.

$$\sum_u \sum_d \sum_{u'} \sum_c R_{oudu'}^{cp} * EC^p + \sum_u \sum_t \sum_c PR_{out}^{cp} * EC^p \leq PROD_o^p * EC^p + (QMC * NUO_{ob} * LT), \quad \forall o, p = \{ac\} \text{ e } b = \{mi\} \quad (9)$$

No caso do etanol o modelo permite que o acréscimo da produção de cana condicionado aos módulos de expansão do tipo destilaria seja convertido plenamente em fluxos de etanol. Assim, a equação (10) limita a oferta de etanol originada em o e convertida em quantidade equivalente de cana-de-açúcar à produção de etanol em cada região de origem – convertida em equivalente cana – acrescentada do produto entre QMC e o número de módulos de expansão de cana NUO do tipo destilaria ($dest$), mais o produto entre QMC e o número de módulos de expansão de cana NUO do tipo mista ($mist$) multiplicado por $(1 - LPT)$. Ou seja, essa restrição garante que a oferta de etanol em cada zona de origem seja menor ou igual à produção atual naquela localidade, mais o volume de etanol que poderia ser produzido com a expansão da oferta de cana recomendada pelo número de módulos de expansão do tipo destilaria, acrescentada da parcela de cana recomendada pelo número de módulos de expansão do tipo mista que não pode ser convertida em açúcar em função da limitação tecnológica.

$$\sum_u \sum_d \sum_{u'} \sum_c R_{oudu'}^{cp} * EC^p + \sum_u \sum_t \sum_c PR_{out}^{cp} * EC^p \leq$$

$$PROD_o^p * EC^p + QMC * NUO_{ob} + [QMC * NUO_{ob'} * (1 - LPT)],$$

$$\forall o, p = \{et\}, b = \{dest\} \text{ e } b' = \{mi\} \quad (10)$$

Segundo equação (11) o número de módulos de expansão de cana-de-açúcar na origem o deve ser menor ou igual ao número máximo de módulos permitido por origem.

$$\sum_b NUO_{ob} \leq NUMO \quad (11)$$

A seguir são descritas as expressões de (12) a (20), que firmam as condições de demanda do modelo matemático.

Para garantir o suprimento da demanda no mercado doméstico, a expressão (12) restringe que a somatória dos fluxos do produto p direcionados para o centróide d e

correspondentes ao canal de comercialização do mercado doméstico (dom) seja maior ou igual à demanda atual DEM_d^p do produto na localidade de consumo.

$$\sum_o \sum_u \sum_{u'} R_{oudu'}^{cp} + \sum_{t'} \sum_{u'} PRD_{t'du'}^{cp} \geq DEM_d^p, \forall d, p \text{ e } c = \{dom\} \quad (12)$$

Em relação às condições futuras da demanda no mercado doméstico, a expressão algébrica (13) estabelece que a somatória dos fluxos do produto p direcionados para a região d correspondentes ao canal de comercialização do mercado doméstico (dom) seja menor ou igual à demanda futura projetada DEF_d^p para aquela localidade. Note-se que restrições (12) e (13) força com que as entregas do produto p em cada localidade sejam maiores do que a demanda atual e sejam menores que a demanda projetada para os cenários futuros.

$$\sum_o \sum_u \sum_{u'} R_{oudu'}^{cp} + \sum_{t'} \sum_{u'} PRD_{t'du'}^{cp} \leq DEF_d^p, \forall d, p \text{ e } c = \{dom\} \quad (13)$$

A equação (14) iguala a somatória dos fluxos de cada produto p destinados aos centróides de consumo domésticos à demanda total $DTMD^p$ do produto p no mercado interno.

$$\sum_o \sum_u \sum_d \sum_{u'} R_{oudu'}^{cp} + \sum_{t'} \sum_d \sum_{u'} PRD_{t'du'}^{cp} = DTMD^p, \forall p \text{ e } c = \{dom\} \quad (14)$$

A restrição (15) estabelece que a somatória dos fluxos do produto p correspondentes ao canal de comercialização exportação (exp) e direcionados para centróides de consumo d' (portos) seja maior ou igual à exportação atual do produto $EP_{d'cp}$ através do porto d' .

$$\sum_o \sum_u \sum_{u'} R_{oudu'}^{cp} + \sum_{t'} \sum_{u'} PRD_{t'du'}^{cp} \geq EP_{d'cp}, \forall p, d' \text{ e } c = \{exp\} \quad (15)$$

As equações (16) e (17) definem o valor das variáveis (FLO_o^p), que representa a somatória dos fluxos do produto p originados em o , e (FLU_u^p) que corresponde à somatória dos fluxos de p originados na Unidade da Federação u .

$$\sum_u \sum_d \sum_{u'} \sum_c R_{oudw}^{cp} + \sum_u \sum_t \sum_c PR_{out}^{cp} = FLO_o^p, \forall o \text{ e } p \quad (16)$$

$$\sum_o \sum_d \sum_{u'} \sum_c R_{oudw}^{cp} + \sum_o \sum_t \sum_c PR_{out}^{cp} = FLU_u^p, \forall u \text{ e } p \quad (17)$$

Através das restrições (18) e (19), limita-se a fração mínima EMI e a fração máxima EMA da somatória dos fluxos do produto p originados em o que devem ser direcionados para exportação.

$$\sum_u \sum_{d'} \sum_{u'} R_{oudr_{u'}}^{cp} + \sum_u \sum_t PR_{out}^{cp} \geq FLO_o^p * EMI^p, \forall o, p \text{ e } c = \{exp\} \quad (18)$$

$$\sum_o \sum_{d'} \sum_{u'} R_{oudr_{u'}}^{cp} + \sum_u \sum_t PR_{out}^{cp} \leq FLO_o^p * EMA^p, \forall u, p \text{ e } c = \{exp\} \quad (19)$$

Por fim, a equação (20) estabelece a exportação total de cada produto p , igualando a somatória dos fluxos de exportação de cada produto ao parâmetro ET correspondente a p .

$$\sum_o \sum_u \sum_{d'} \sum_{u'} R_{oudr_{u'}}^{cp} + \sum_{t'} \sum_{u'} \sum_{d'} PRD_{t'dr_{u'}}^{cp} = ET^p \quad \forall p \text{ e } c = \{exp\} \quad (20)$$

O próximo conjunto de restrições tem como objetivo garantir a seqüência dos fluxos nos arcos PR , IM e PRD , de forma a promover a continuidade ao longo dos arcos que compõem as rotas intermodais. Ademais, são estabelecidos limites de embarque mínimo e máximo nos terminais de transbordo.

A equação (21) estabelece que a somatória dos fluxos do produto p , no canal de comercialização c e direcionados para o terminal de embarque t seja igual à somatória dos fluxos do produto p no canal de comercialização c e originados no terminal de embarque t , garantindo assim a continuidade dos fluxos na passagem dos arcos PR para os arcos IM .

$$\sum_o \sum_u PR_{out}^{cp} = \sum_{t'} \sum_a IM_{tt'a}^{cp}, \forall t, c \text{ e } p \quad (21)$$

A continuidade dos fluxos na mudança dos arcos IM para PRD é garantida pela equação (22), que iguala a somatória dos fluxos do produto p , no canal de comercialização c

direcionados para o terminal de desembarque t' à somatória dos fluxos do produto p , no canal de comercialização c e originados no terminal de desembarque t' .

$$\sum_t \sum_a IM_{tt'a}^{cp} = \sum_d \sum_{u'} PRD_{t'du'}^{cp}, \forall t', c \text{ e } p \quad (22)$$

A restrição (23) garante que seja embarcada uma quantidade mínima $EMBMI$ no terminal de embarque t ativo. A existência ou não de fluxo através dos terminais de embarque depende do valor da variável binária BT_t , de forma que quando ela assume valor zero o fluxo naquele terminal t é nulo, conforme restrição (24), e quando ela assume valor um há fluxo através de t , mas respeitando o limite mínimo $EMBMI$. Ao parâmetro $EMBMA$ atribui-se um valor muito alto, de forma que a restrição (24) só seja efetiva quando BT_t for nula.

$$\sum_o \sum_u \sum_c \sum_p PR_{out}^{cp} \geq BT_t * EMBMI, \forall t \quad (23)$$

$$\sum_o \sum_u \sum_c \sum_p PR_{out}^{cp} \leq BT_t * EMBMA, \forall t \quad (24)$$

A equação (25) tem como objetivo limitar as quantidades totais dos fluxos intermodais de cada produto p através da modalidade de transporte a à capacidade de transporte de cada modal CAP .

$$\sum_t \sum_{t'} \sum_c IM_{tt'a}^{cp} \leq CAP_a^p, \forall a \text{ e } p \quad (25)$$

Vide na expressão (26), que a quantidade do produto p através do arco PR originada em o é limitada a uma fração (EMT) do fluxo total FLO gerado na origem, de forma a evitar-se que toda oferta de o seja alocada para as alternativas de transporte intermodal. Tal restrição é importante para evitar a ocorrência de embarques intermodais de forma “tudo ou nada”.

$$\sum_u \sum_t PR_{out}^{cp} \leq FLO_o^p * EMT^p, \forall o \text{ e } p \quad (26)$$

Para fins de solução do modelo desenvolvido, utilizou-se o software GAMS (General Algebraic Modelling System) habilitado para processamento através do solver CPLEX e uso de Programação Linear Inteira Mista. Em relação às capacidades computacionais, utilizou-se de um computador equipado com Processador Intel Core I5 e com 8 GB de memória RAM. O modelo matemático convertido para a linguagem GAMS encontra-se no Anexo A da Tese.

3.3 PARÂMETROS E FONTE DOS DADOS UTILIZADOS NA MODELAGEM

3.3.1 Divisão espacial da área de análise e escolha dos centróides

A primeira etapa para definir a origem e destino dos fluxos envolve a divisão espacial do território nacional em zonas de oferta de açúcar e etanol e zonas de consumo dos produtos.

Como critério para delimitar as regiões de origem adotou-se os limites das subdivisões geográficas denominadas microrregiões, que são regiões formadas pelo agrupamento de municípios com similaridades sócio-econômicas. Tal divisão do território nacional é proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Dentre as microrregiões do IBGE foram escolhidas como zonas de origem aquelas que apresentam produção sucroalcooleira ou que apresentam aptidão agrícola e climática para expansão da cultura de cana-de-açúcar, segundo o zoneamento agroclimático realizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2011).

Para fins de cálculo de distâncias e estimativa dos custos de transporte entre as regiões, foram definidos centróides, elegendo um município para cada microrregião como sede da divisão geográfica. A escolha dos centróides de origem teve como critério a representatividade de cada município em termos de produção sucroalcooleira dentro de cada microrregião. No caso das microrregiões que apresentam potencial para expansão da produção de cana-de-açúcar, mas ainda não apresentam oferta desses produtos, foram adotados como sede aqueles municípios que apresentam maior PIB agrícola (IBGE-2010).

Em relação às regiões de demanda, a divisão espacial em zonas de consumo baseou-se nos limites das mesorregiões. As mesorregiões são definidas pelo IBGE e são regiões mais amplas que compreendem as microrregiões.

Para fins de seleção dos centróides de destino dos fluxos de açúcar, o critério considerado foi a participação populacional de cada município em relação à população total da mesorregião (IBGE, 2010).

Quanto aos destinos dos fluxos de etanol, adotou-se como sedes das mesorregiões os municípios que apresentam bases de distribuição de combustíveis. No caso em que havia mais de uma base por mesorregião, foi escolhida a localidade que abriga a base com maior movimentação, conforme dados da ANP (2011).

Em relação aos destinos dos fluxos de exportação, os centróides de destino correspondem aos portos que realizam exportação de açúcar e etanol, adicionados do conjunto dos principais terminais portuários que apresentam potencial para exportação desses produtos no futuro.

Os limites da regionalização adotada, os centróides de origem, destino e portos são ilustrados na Figura 3.2.

O conjunto de microrregiões, mesorregiões, centróides e portos considerados na modelagem estão disponíveis na mídia (Compact Disk) incorporada nos ANEXO C da Tese.

Figura 3.2 - Mesorregiões e Microrregiões de origem, respectivos centróides e portos
Fonte: elaborado pelo autor

3.3.2 Dados de oferta, demanda e exportação

Em relação à produção atual de açúcar e etanol nas regiões que possuem usinas em funcionamento, as informações foram baseadas em UNICA (2011)⁷ no caso das usinas localizadas na região Centro-Sul, e para as usinas das regiões Norte e Nordeste a estimativa de produção baseou-se em dados do Anuário da Cana (2011). Os dados foram agregados por município conforme a localização da unidade produtora e posteriormente agregados por microrregião geográfica. A base de referência é a safra 2010/2011 envolvendo o parque de usinas que moeram na safra 2009/2010.

⁷ União da Indústria Canavieira - UNICA. **Produção de etanol e açúcar por usina**. Piracicaba, 2011, (informação pessoal).

Para fins de estimativa da demandada de açúcar nas zonas de consumo doméstico, partiu-se da demanda nacional de açúcar correspondente à safra 2010/2011, que foi dividida em consumo domiciliar (40% do total) e industrial (60% do total), conforme estimativa da UNICA. No caso da parcela referente ao uso industrial, essa foi rateada para demanda municipal adotando-se como *proxy* o PIB industrial, e o consumo domiciliar foi dividido por município adotando-se como *proxy* a população. A demanda municipal total foi agregada por mesorregião geográfica. Tanto o PIB industrial como a população total correspondem ao ano 2010 - dados do IBGE (2010).

Quanto à demanda por etanol, adotou-se a movimentação por base de distribuição de combustível no ano de 2010, conforme informações da ANP (2011). No caso das mesorregiões em que havia mais de uma base de distribuição, agregou-se a movimentação total da mesorregião, sendo o volume total consumido atribuído para a base com maior movimentação na região. Na modelagem não foram considerados os fluxos entre as bases e os postos de varejo, sendo as localidades das bases os destinos finais.

Os dados de exportação nacional e por porto de embarque, tanto para o açúcar como para o etanol, foram obtidos na Secretária de Comércio Exterior – SECEX (2012) e correspondem à safra 2010/2011.

Como a modelagem envolve a simulação de cenários que consideram projeções futuras da oferta e demanda, foram realizadas estimativas da demanda e exportação de açúcar e etanol para a safra 2020/2021.

Para projetar a oferta e demanda por açúcar, utilizou-se a estimativa da produção de açúcar em 2020/2021 elaborada pela UNICA, que baseia-se na taxa de crescimento histórica da demanda por açúcar observada entre 1988 e 2010.

Observou-se que o ritmo de crescimento da demanda por esse produto é bastante semelhante à taxa de crescimento da população e, por isso, a taxa de 2,3% a.a foi considerada nas projeções da UNICA para estimar o mercado mundial de açúcar em 2020/2021. Além dessas premissas, considerou-se que a participação do Brasil no

mercado mundial de açúcar permaneceria a mesma nos próximos anos. Atualmente o país representa 53% do mercado mundial de açúcar.

Em relação às projeções do consumo de açúcar no mercado interno brasileiro, utilizou-se uma metodologia semelhante à adotada para o mercado internacional, baseada na taxa de crescimento da população brasileira, ou seja, 2,0% a.a. Dessa forma, estimou-se uma demanda no mercado interno próxima a 13 milhões de toneladas em 2020/2021. O rateio da demanda para o consumo das mesorregiões foi feito de forma proporcional à população.

As projeções de demanda de etanol em 2020/2021 ocorreram com base em trabalho de Milanez et al. (2010). O estudo projeta taxa de crescimento média de 9,1% ao ano até 2019 para o mercado doméstico de etanol e estima taxas de acréscimo distintas para cada estado. Adotando como referência as projeções sugeridas pelos autores, estimou-se a demanda doméstica de etanol em 2020/2021 em cada estado, conforme os dados apresentados no Quadro 3.1.

Quanto às exportações de etanol, a projeção foi baseada nas taxas de crescimento sugeridas em estudo da UNICA, que projeta um volume global de exportação de 14 milhões de m³ em 2020/2021.

Região Norte	2.284.257,08
RO	402.734,03
AC	87.049,28
AM	482.441,81
RR	73.415,06
PA	667.028,24
AP	97.537,15
TO	474.051,51
Região Nordeste	8.302.194,22
MA	995.298,42
PI	450.978,21
CE	1.209.250,88
RN	615.637,70
PB	675.418,53
PE	1.439.983,91
AL	377.563,15
SE	368.124,07
BA	2.168.890,56
Região Sudeste	38.375.099,36
MG	7.986.509,47
ES	969.078,76
RJ	3.445.263,77
SP	25.973.198,57
Região Sul	9.199.955,50
PR	3.811.290,27
SC	2.736.284,07
RS	2.652.381,15
Região Centro-Oeste	7.178.943,84
MS	1.041.445,03
MT	1.192.470,29
GO	2.941.846,23
DF	2.003.182,28
Total	65.340.450,00

Quadro 3.1 - Consumo de etanol estadual e por região projeções para 2020/2021 (m³)
 Fonte: elaborado com base em Milanez et al. (2010)

Com o objetivo de avaliar a distribuição geográfica da oferta sucroalcooleira e também o comportamento dos fluxos de transporte ao longo do processo de expansão da demanda e exportações, a modelagem considerou dois cenários distintos em relação ao aumento da demanda no mercado doméstico e internacional:

- i) Cenário Parcial: o aumento da demanda doméstica e das exportações equivale a 80% do crescimento da demanda desses produtos projetado para 2020/2021;
- ii) Cenário Pleno: o aumento da demanda doméstica e das exportações equivale a 100% do crescimento da demanda desses produtos projetado para 2020/2021.

O Quadro 3.2 reúne as quantidades projetadas para a demanda e exportação nos cenários atuais e cenários futuros.

Cenários	Mercado	Açúcar (t)	Etanol (m³)
Atual	Doméstico	10.473.961	25.470.461
	Exportação	27.514.452	1.905.539
	Total	37.988.413	27.376.000
Parcial	Doméstico	12.494.275	57.366.452
	Exportação	35.982.890	11.200.000
	Total	48.477.166	57.366.452
Pleno	Doméstico	12.999.354	65.340.450
	Exportação	38.100.000	14.000.000
	Total	51.099.354	79.340.450

Quadro 3.2 - Quantidades referentes à produção, demanda e exportação atuais e projetadas para os cenários futuros

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.3 Estimativa do potencial para expansão da cultura de cana-de-açúcar

A estimativa do potencial para expansão da produção de cana-de-açúcar em cada região de oferta fundamentou-se no estudo realizado pelo Ministério da Agricultura, denominado Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE Cana). Esse trabalho teve como principal objetivo realizar o levantamento das áreas no Brasil com aptidão para o plantio de cana-de-açúcar, pautado em critérios edafoclimáticos, ambientais, legais e socioeconômicos.

O Quadro 3.3 apresenta um resumo sobre a disponibilidade de terras aptas para o cultivo de cana-de-açúcar que foram mapeadas pelo referido estudo.

Território ou Área Estimada	Milhões (hectares)	Porcentagem em relação ao território nacional
Território nacional (IBGE ¹)	851,5	100,00%
Terras Agricultáveis	553,5	65,00%
Terras em uso 2002 (Estimativa Probio)	235,5	27,70%
Áreas aptas ao cultivo de cana *expansão sobre áreas com uso agrícolas diversos	64,7	7,50%
Áreas aptas ao cultivo de cana *expansão sobre áreas ocupadas com pastagens	34,2	4,02%
Áreas atualmente cultivadas com cana-de-açúcar (Safrá 2008/2009) ²	7,8	0,90%
Expansão da área cultivada com cana-de-açúcar prevista para 2017 (EPE) ³	6,7	0,80%

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

² Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2009)

³ Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2008)

Quadro 3.3 - Quadro resumo do uso do solo nacional para fins agrícolas

Fonte: Adaptado de BRASIL (2010)

Cabe ressaltar que atualmente a cultura de cana-de-açúcar ocupa uma área de 7,8 milhões de hectares. Considerando as projeções apontadas pelo estudo da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2008), até 2017 a área ocupada com cana deve expandir 6,7 milhões de hectares. O ZAE Cana identificou 64,7 milhões de hectares aptos para o cultivo dessa cultura em áreas com uso agrícolas diversos.

O mapeamento do território nacional pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar foi pautado em projeto de lei que estabelece as seguintes regras para disciplinar o cultivo de cana-de-açúcar:

- 1) É proibido o cultivo dessa cultura em áreas cobertas com vegetação original nativa;
- 2) Também é vedada a implantação de novas unidades sucroalcooleiras nos Biomas Amazônia, Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai;

- 3) É papel do Ministério da Agricultura orientar o processo de expansão da produção de cana, impedindo a ampliação de riscos à produção de alimentos e segurança alimentar.

O mapeamento das áreas com aptidão agrícola sugerido pelo ZAE Cana para fins de cultivo da cana-de-açúcar considerou condições de solo, clima e disponibilidade de variedades, além de priorizar áreas nas quais a produção da cultura não seria dependente de irrigação plena; de forma a evitar-se o aumento excessivo do consumo de água dos mananciais hídricos naturais.

Ademais, o zoneamento adotou como critério de escolha das áreas as condições de relevo, buscando recomendar, predominantemente, regiões com declividade menor do que 12%. Ressalta-se que glebas de terra com perfil de relevo pouco declivoso contribui para a otimização das operações mecanizadas, resultando em menores custos e menor emissão de gases causadores do efeito estufa, além de favorecer a diminuição da colheita manual e fim das queimadas de canaviais.

Pautando-se então em critérios edafoclimáticos, baixa declividade e tipo de uso da terra o ZAE Cana classificou as áreas analisadas em classes com diferentes graus de aptidão para o cultivo da cana-de-açúcar, conforme dados apresentados no Quadro 3.4.

Brasil	Áreas aptas para cana-de-açúcar por tipo de uso da terra (mil hectares)				
Classes de Aptidão	Ap ¹	Ag ²	Ac ³	Ap + Ag	Ap + Ag + Ac
Alta (A)	11.300	600	7.300	11.900	19.200
Média (M)	22.800	2.010	16.300	24.800	41.200
Baixa (B)	3.040	483	731	3.500	4.200
(A) + (M)	34.100	2.610	23.600	36.700	60.400
(A) + (M) + (B)	37.140	3.093	24.331	40.200	64.600

¹ Áreas com uso em pecuária

² Áreas com uso em agropecuária

³ Áreas com uso em agricultura

Quadro 3.4 - Áreas aptas para cultivo de cana-de-açúcar por classe de aptidão e por tipo de uso da terra

Fonte: Adaptado de BRASIL (2010)

Os resultados do ZAE Cana indicam em ordem crescente maior disponibilidade de terras aptas para o cultivo da cana-de-açúcar nos estados do Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Mato Grosso, Paraná, Bahia e Rio Grande do Sul, conforme apresentado no Quadro 3.5.

UF	Área Total	Área atualmente cultivada com cana (ha)	Área apta para expansão do plantio (ha)
GO	34.008.669	401.800	12.600.530
MG	58.652.829	601.900	11.250.202
MS	35.712.496	275.800	10.869.820
SP	24.820.942	3.851.200	10.645.485
MT	90.355.790	223.200	6.812.854
PR	19.931.485	524.500	4.039.496
BA	56.469.266	37.400	2.937.982
RS	28.174.853	2.100	1.527.110
TO	27.762.091	5.700	1.140.597
MA	33.198.329	38.900	789.547
RJ	4.369.605	50.000	480.703
ES	4.607.751	65.200	329.654
PI	25.152.918	13.100	294.375
PE	9.831.161	321.400	205.157
AL	2.776.766	432.200	187.299
SC	9.534.618	0	173.455
SE	2.191.034	36.000	169.808
RN	5.279.679	59.500	119.650
PB	5.643.983	112.500	89.973
CE	14.882.560	1.800	77.775
DF	580.193	0	1.223
Total	493.937.018	7.054.200	64.742.695

Quadro 3.5 - Área total, área cultivada com cana e área apta para expansão do plantio de cana-de-açúcar por unidade da federação segundo levantamento do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar

Fonte: BRASIL (2010)

Considerando a produtividade de cana-de-açúcar em cada município multiplicada pela área com aptidão agrícola obteve-se o potencial para expansão da cana (toneladas) em cada localidade.

Cabe ressaltar que a produtividade adotada para cada município foi diferenciada em função das classes de aptidão das áreas mapeadas pelo zoneamento.

No caso das áreas com aptidão média, considerou-se a produtividade média de cana em cada município, conforme dados do IBGE (2011). Quando não havia dados disponíveis sobre a produtividade municipal, adotou-se a produtividade do estado como referência.

No caso das áreas com aptidão alta, empregou-se uma produtividade 20% maior em relação à produtividade média. As áreas com aptidão baixa foram desconsideradas da solução do modelo.

O potencial para expansão da oferta da cana-de-açúcar (toneladas) estimado para cada microrregião está disponível na mídia apresentada como Anexo C da Tese.

3.3.4 Configuração da rede de transportes e custos de frete

Com o objetivo de avaliar o comportamento dos fluxos e da distribuição regional da oferta perante a configuração atual da rede intermodal transportes e o impacto derivado da configuração futura da malha viária, foram sugeridos três cenários que apresentam configurações distintas da rede intermodal de transportes:

a) Cenário Atual

O Cenário Atual considera as características atuais da malha intermodal utilizada para o transporte de produtos do setor sucroalcooleiro.

Em relação à modalidade ferroviária, este cenário compreende os trechos ferroviários que atualmente realizam o transporte de açúcar e etanol, conforme matriz Origem-Destino de fluxos ferroviários disponibilizada pela ANTT (2010)⁸.

⁸ Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. **Pilha ferroviária**. Brasília, 2010, (informação pessoal).

Quanto ao transporte hidroviário, foram consideradas como alternativas para movimentação de açúcar e etanol a Hidrovia do Rio Madeira, entre Porto-Velho, Itacoatiara e Santarém, a Hidrovia Tietê-Paraná, entre São Simão (GO) e Tietê (SP) e a alternativa hidro-ferroviária São Simão (GO) para Santos (SP), através do terminal intermodal de Pederneiras (SP).

Os fluxos de transporte através da malha intermodal atual foram simulados considerando diferentes condições quanto às restrições de capacidade:

i) restritos à movimentação total ferroviária observada para cada tipo de produto no ano de 2010 ANTT (2010) e restritos ao volume de açúcar transportado pelas hidrovias em 2010 (AHRANA, 2012);

ii) capacidade irrestrita.

b) Cenário Intermediário

O Cenário Intermediário, além da malha intermodal considerada no Cenário Atual, compreende a expansão ferroviária correlata ao projeto da Ferrovia Norte-Sul, da Ferrovia NovaTransnordestina, da Ferrovia Integração Oeste-Leste, da Ferrovia de Integração Centro-Oeste, além expansão da ferrovia ALL-Malha Norte até Cuiabá.

Por se tratar de um cenário que envolve uma configuração futura, as capacidades de transporte foram consideradas irrestritas.

Cabe frisar que os projetos de expansão da rede ferroviária fazem parte dos projetos de investimento em infraestrutura de transportes incluídos no PAC II, e para os quais o governo atual vem alocando grandes esforços com o objetivo de acelerar as obras e viabilizar a operação desses novos trechos ferroviários nos próximos cinco anos.

c) Cenário Futuro

O Cenário Futuro, além da malha intermodal correspondente ao Cenário Intermediário, também compreende o projeto dutoviário proposto pela Uniduto - que pretende ligar Ribeirão-Preto (SP), Anhembi (SP), Paulínia (SP) e Santos (SP) através da malha dutoviária – além de considerar como alternativa de transporte o sistema logístico da Logum, que envolve a Hidrovia Tietê-Paraná e a conexão dutoviária da hidrovia com a

base de Paulínia (SP), considerada o principal *Hub* de distribuição de combustíveis do país. Vide Quadro 3.6.

Cenários	Ferrovias	Hidrovias	Dutovias
Atual	Trechos que movimentaram açúcar e etanol em 2010	Porto Velho – Itacoatiara	Nenhuma
		Porto Velho – Santarém	
		São Simão – Anhembi	
		São Simão – Santos (Hidro-ferro)	
Parcial	Cenário Atual +	Cenário Atual	Nenhuma
	Ferrovia Norte-Sul		
	Ferrovia de Integração Centro-Oeste		
	Ferrovia de Integração Oeste-Leste		
	Ferrovia Novatransnordestina		
	ALL - Malha Norte até Cuiabá		
Pleno	Cenário Intermediário	Cenário Intermediário +	Ribeirão-Paulínia
		São Simão - Santos (Hidro-duto)	Anhembi-Paulínia
		São Simão – Paulínia (Hidro-duto)	Paulínia-Santos
		Bataguassu – Anhembi	
		Bataguassu – Santos (Hidro-ferro)	
		Bataguassu - Santos (Hidro-duto)	
		Bataguassu - Paulínia (Hidro-duto)	
		Três Lagoas- Anhembi	
		Três Lagoas - Santos (Hidro-ferro)	
		Três Lagoas – Santos (Hidro-duto)	
		Três Lagoas - Paulínia (Hidro-duto)	
		Andradina – Anhembi	
		Andradina – Santos (Hidro-ferro)	
		Andradina - Santos (Hidro-duto)	
		Andradina – Paulínia (Hidro-duto)	

Quadro 3.6 - Configuração da malha intermodal nos cenários de análise
Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 3.4 ilustra a malha intermodal considerada no Cenário Futuro e os respectivos terminais de transbordo.

Na mídia do Anexo C são apresentados todos os terminais de transbordo que compõem a rede de transporte.

Figura 3.4 - Malha multimodal considerada para os cenários futuros e terminais de transbordo

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação à estimativa dos valores de fretes rodoviários, ferroviários, hidroviários e dutoviários, ocorreu com base nas distâncias entre os nós da malha intermodal, que compreendem: centróides de origem, terminais de transbordo, centróides de destino e portos.

Para gerar a matriz de distâncias utilizou-se o software TRANSCAD e o banco de dados georreferenciados correspondente à malha intermodal desenvolvido no Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT, 2012).

A estimativa dos valores de frete rodoviário foi feita com base em modelos de regressão linear, concebidos através do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Os modelos relacionam o valor do frete - em R\$/t de açúcar ou R\$/m³ de etanol - com a distância percorrida (km). A equação (26) equaciona o modelo teórico utilizado para a determinação das equações de regressão linear:

$$Y = \alpha + \beta.X + \varepsilon \quad (26)$$

Onde:

Y: corresponde ao frete rodoviário - R\$/t ou R\$/m³

α : corresponde ao coeficiente linear do modelo de regressão

β : corresponde ao coeficiente angular do modelo de regressão

X: corresponde à distância rodoviária (km)

ε : representa o vetor de erro aleatório

Para a obtenção dos parâmetros das equações empregou-se conjunto de valores de fretes de mercado praticados para o transporte de açúcar e etanol em uma série de rotas, fornecidos pelo SIFRECA (2010)⁹.

É importante frisar que o modelo de regressão linear revelou melhor ajustamento estatístico ao considerar equações específicas para duas classes de distâncias, menores do que 400 km e maiores do que 400 km.

As equações encontradas pelo método dos Mínimos Quadrados para estimativa de fretes de açúcar são apresentadas através das expressões (27) e (28), respectivamente para rotas menores que 400 km e maiores que 400 km.

⁹ Sistema de Informações de Fretes - Sifreca. **Fretes Sucroalcooleiro**. Piracicaba, 2010, (informação pessoal).

$$Y\left(\frac{R\$}{t}\right) = 7,12 + 0,1643 \cdot dist \quad (27)$$

R^2 : 0,84

Estatística F: 267,43

Probabilidade de significância (valor-p) menor que 2,5%

Teste t: ta 2,36 / tb 16,35 - 5% de significância

$$Y\left(\frac{R\$}{t}\right) = 45,7 + 0,0648 \cdot dist \quad (28)$$

R^2 : 0,84

Estatística F: 1143,22

Probabilidade de significância (valor-p) menor que 1%

Teste t: ta 30,3 / tb 33,8 - 5% de significância

No caso do etanol, as equações obtidas são apresentadas através das expressões (29) e (30), correspondentes às classes com distâncias menores que 400 km e maiores que 400 km respectivamente:

$$Y\left(\frac{R\$}{m^3}\right) = 9,4 + 0,12470 \cdot dist \quad (29)$$

R^2 : 0,81

Estatística F: 794,6

Probabilidade de significância (valor-p) menor que 1%

Teste t: ta 8,42 / tb 28,18 - 5% de significância

$$Y\left(\frac{R\$}{m^3}\right) = 40,54 + 0,0631 \cdot dist \quad (30)$$

R^2 : 0,65

Estatística F: 486,52

Probabilidade de significância (valor-p) menor que 1%

Teste t: ta 20,44 / tb 22,05 - 5% de significância

Onde:

$$Y = \text{Valor do frete estimado} \left(\frac{R\$}{t} \text{ ou } \frac{R\$}{m^3} \right)$$

$$dist = \text{distância percorrida (km)}$$

$$R^2 = \text{coeficiente de determinação}$$

Para a realização das regressões e testes de aderência estatística utilizou-se o software Excel 2007.

No caso dos valores de frete ferroviário, adotou-se o mesmo método aplicado para as estimativas de frete das alternativas rodoviárias, empregando-se as mesmas fórmulas (27), (28), (29) e (30) para as distâncias ferroviárias. Contudo, considerou-se um desconto de 30% sobre os valores de frete rodoviário estimados para as distâncias da matriz Origem-Destino ferroviária. Esse método aproxima-se das práticas de mercado das concessionárias ferroviárias, que veem precificando seus serviços de transporte com base nos fretes cobrados nas alternativas rodoviárias concorrentes.

Em relação à modalidade de transporte dutoviária, a estimativa de frete baseou-se nas tarifas cobradas pela Transpetro para o transporte de combustíveis em trechos dutoviários operados pela empresa. Utilizou-se valores de momentos de transporte ($R\$/m^3.km$) praticados pela empresa em rotas com distâncias semelhantes.

Quanto às hidrovias, o frete para transporte através das opções hidroviárias foi estimado de modo semelhante ao frete dutoviário, aplicando-se valores de momentos de transporte praticados na Hidrovia Tietê-Paraná e Hidrovia do Madeira, disponibilizados pelo Sifreca¹⁰ (2010).

3.3.5 Custo unitário dos módulos de expansão de cana-de-açúcar

¹⁰ Sistema de Informações de Fretes - Sifreca. **Fretes Hidroviários**. Piracicaba, 2010, (informação pessoal).

O custo unitário dos módulos de expansão de cana-de-açúcar foi estimado pela razão entre valor médio de arrendamento de terra para cana e a produtividade média em cada região.

A expressão (31) representa a fórmula considerada para obtenção do custo unitário:

$$CUNIT_o = \frac{VAT_o}{PTV_o} \quad (31)$$

Onde:

$CUNIT_o$: Custo unitário da cana-de-açúcar em o (R\$/t)

VAT_o : Valor de arrendamento da terra em o (R\$/ha)

PTV_o : Produtividade média de cana em o (t/ha)

Para fins de determinação da produtividade de cana-de-açúcar em cada região, adotou-se a produtividade média do estado que abriga cada região de produção, com base nas informações do IBGE (2012).

Os valores de arrendamento de terra foram estimados com base em dados fornecidos pelo PECEGE¹¹.

3.3.6 Preços de venda de açúcar e etanol

Para fins de estimativa dos preços de paridade para venda de etanol nas regiões de consumo considerou-se setenta por cento do preço médio de venda da gasolina na localidade de cada base de distribuição (ANP, 2012). Partiu-se do pressuposto que esse seria o preço máximo que viabiliza o consumo de etanol em substituição à gasolina, devido à perda de eficiência ocasionada pelo uso do etanol nos veículos automotores.

¹¹ Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas – Pecege. **Arrendamento cana**. Piracicaba, 2010, (informação pessoal).

O preço de exportação do etanol foi obtido a partir dos valores médios das exportações brasileiras no ano de 2010, publicado pela Secretaria de Comércio Exterior (SECEX, 2012). Não houve diferenciação dos preços por porto de embarque.

O valor de exportação do açúcar foi estimado com base no valor médio do indicador mensal Açúcar VHP CEPEA/ESALQ, destinado para o mercado externo, ao longo de 2010. No caso do mercado doméstico, os preços foram determinados a partir do valor médio do indicador Açúcar Cristal CEPEA/ESALQ para o estado de São Paulo, correspondente ao ano de 2010 (CEPEA, 2012).

3.3.7 Cenários de análise

Os cenários de análise foram estruturados com o objetivo de avaliar o comportamento futuro da oferta de açúcar e etanol em termos de distribuição geográfica da produção e também analisar o impacto dos projetos de infraestrutura de transportes nos fluxos interregionais e na configuração geográfica da oferta desses produtos.

Dessa ótica, a definição dos cenários envolve combinações de diferentes níveis de demanda e exportação com configurações distintas da rede de transporte intermodal.

As projeções futuras das demandas e exportações visam permitir a avaliação do comportamento da expansão do setor sucroalcooleiro, com base no equilíbrio ótimo da cadeia de abastecimento de açúcar e etanol indicado pelo modelo matemático.

Em relação às diferentes configurações da rede de transporte, objetiva-se analisar o comportamento dos fluxos interregionais e da oferta decorrente da implantação dos projetos de expansão da malha intermodal no país. Parte dos cenários considera os principais projetos de expansão da rede ferroviária e outros incluem os principais projetos dutoviários e hidroviários que vem sendo divulgados pelos *players* do setor.

Também foram analisados cenários que consideram os níveis atuais de oferta e demanda de açúcar e etanol, e a configuração atual da rede intermodal utilizada para o transporte desses produtos. Esses cenários foram desenvolvidos para fins de comparação, consolidando um padrão de referência em termos de distribuição regional e fluxos interregionais que se aproxima à configuração atual do setor.

O Quadro 3.7 apresenta um resumo com as características dos cenários considerados para a análise dos resultados.

Oferta	Rede Intermodal			
	Atual Capacidade Restrita	Atual Capacidade Irrestrita	Atual + Projetos Ferroviários	Atual + Projetos Ferroviários + Projetos Hidro-Dutoviários
Atual	Rótulo: AR Demanda: atual Ferrovias atuais Hidrovias atuais Capacidade restrita	Rótulo: ANR Demanda: atual Ferrovias atuais Hidrovias atuais Capacidade infinita		
Parcial	Rótulo: R-P Demanda: 80% do crescimento projetado Ferrovias atuais Hidrovias atuais Capacidade restrita		Rótulo: FI-P Demanda: 80% do crescimento projetado Ferrovias planejadas Hidrovias atuais Capacidade infinita	Rótulo: FC-P Demanda: 80% do crescimento projetado Ferrovias planejadas Hidrovias planejadas Dutovias planejadas Capacidade infini
Pleno	Rótulo: R-PL Demanda: 100% do crescimento projetado Ferrovias atuais Hidrovias atuais Capacidade restrita		Rótulo: FI-PL Demanda: 100% do crescimento projetado Ferrovias planejadas Hidrovias atuais Capacidade infinita	Rótulo: FC-PL Demanda: 100% do crescimento projetado Ferrovias planejadas Hidrovias planejadas Dutovias planejadas Capacidade infinita

Quadro 3.7 - Cenários considerados para análise dos resultados

Fonte: elaborado pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CENÁRIOS ATUAIS

Esse tópico tem como objetivo discutir e analisar a distribuição espacial da oferta, da demanda e exportações, além das características dos fluxos interregionais de transporte recomendados pela modelagem nos cenários atuais. Cabe frisar que tanto o cenário atual com capacidade de transporte intermodal restrita (AR), quanto o cenário atual com capacidade de transporte intermodal não restrita (ANR) têm como base o ano safra 2010/2011. Os resultados obtidos para AR e ANR serão utilizados como referência para avaliar o comportamento da oferta e demanda nos cenários futuros e as possíveis alterações nos fluxos decorrentes dos projetos intermodais de transporte. Dessa forma, é desejável que os resultados correspondentes a esses cenários reproduzam com fidelidade as condições atuais da produção de açúcar e álcool, assim como da demanda e dos fluxos de exportação.

Os cenários atuais compreendem movimentação total de aproximadamente 37,9 milhões de toneladas de açúcar e 27,4 milhões de metros cúbicos de etanol. Do montante total de açúcar ofertado, 27,5 milhões de toneladas são destinadas para exportação e o restante (10,4 milhões de toneladas) abastece o mercado doméstico. Em relação às condições de demanda do etanol, o mercado doméstico absorve a maior parte do volume, aproximadamente 25,5 milhões de metros cúbicos, sendo que 1,9 milhões de metros cúbicos são direcionados para exportação.

A Tabela 4.1 apresenta as ofertas de açúcar e etanol estaduais, assim como a quantidade equivalente de cana-de-açúcar, correspondentes aos fluxos de transporte recomendados pelo modelo matemático nos cenários atuais. Ademais, a tabela reúne os dados de produção de açúcar, etanol e cana-de-açúcar por Unidade da Federação (UF) divulgados pela União da Indústria Canavieira - UNICA, referente à safra 2010/2011. Tal comparação tem como objetivo mostrar a aderência dos resultados do modelo com as condições atuais de oferta no setor sucroalcooleiro.

Tabela 4.1 – Oferta por UF indicada pelos resultados do modelo versus informações declaradas pela UNICA. Ano safra base 2010/2011

UF	Resultados do Modelo				Dados UNICA ¹			
	Acúcar	Etanol	Cana ²	Cana	Acúcar	Etanol	Cana	Cana
	10 ³ (t)	10 ³ (m ³)	10 ³ (t)	(%)	10 ³ (t)	10 ³ (m ³)	10 ³ (t)	(%)
SP	23.446	15.354	387.231	59%	23.446	15.354	359.503	58%
MG	3.244	2.558	58.997	9%	3.244	2.558	54.629	9%
GO	1.805	2.895	51.227	8%	1.805	2.895	46.613	8%
PR	3.022	1.619	45.412	7%	3.022	1.619	43.321	7%
MS	1.329	1.849	34.178	5%	1.329	1.849	33.520	5%
AL	2.499	716	29.770	5%	2.499	716	28.958	5%
PE	1.348	385	16.039	2%	1.348	385	16.924	3%
MT	446	857	14.429	2%	446	857	13.661	2%
PB	183	298	5.248	1%	183	298	5.246	1%
ES	90	187	3.088	0%	90	187	3.525	1%
BA	114	127	2.534	0%	114	127	2.792	0%
RN	169	83	2.445	0%	169	83	2.729	0%
MA	9	182	2.348	0%	9	182	2.327	0%
SE	80	103	1.950	0%	80	103	2.059	0%
RJ	118	61	1.748	0%	118	61	2.093	0%
PI	46	35	823	0%	46	35	837	0%
PA	21	23	462	0%	21	23	522	0%
AM	20	7	251	0%	20	7	347	0%
TO	0	16	200	0%	0	16	239	0%
RO	0	11	138	0%	0	11	137	0%
RS	0	6	75	0%	0	6	82	0%
CE	0	3	38	0%	0	3	36	0%
AC	0	1	13	0%	0	1	34	0%
Total	37.988	27.376	658.642	100%	37.989	27.376	620.134	100%

¹ Dados de oferta divulgados por UNICA (2012)

² A oferta de cana-de-açúcar correlata à modelagem é estimada através dos parâmetros de conversão em quantidade equivalente de cana (12,50 t de cana / m³ de etanol e 8,33 t de cana / t de açúcar)

Fonte: elaborado pelo autor

Analogamente, a Tabela 4.2 e Tabela 4.3 comparam as exportações estaduais e exportações por porto de embarque recomendados pelo modelo nos cenários atuais com as quantidades reais exportadas pelo setor em 2010/2011.

Tabela 4.2 – Exportação por UF indicada pelos resultados do modelo *versus* informações declaradas pela UNICA. Ano safra base: 2010/2011

UF	Açúcar 10 ³ (t)		Etanol 10 ³ (m ³)	
	Modelo	UNICA ¹	Modelo	UNICA ¹
SP	18.264	18.264	1.245	1.245
PR	2.721	2.721	372	372
MG	2.108	2.206	130	130
AL	1.877	1.779	133	133
MS	1.031	1.031	0	0
PE	850	849	0	0
GO	457	457	14	14
PB	86	86	5	5
ES	39	39	6	6
RN	33	33	0	0
SE	28	28	0	0
MT	17	17	0	0
RJ	1	1	0	0
BA	0	0	0	0
PA	0	0	0	0
Total	27.514	27.514	1.906	1.906

¹Dados de exportação divulgados por UNICA (2012) com base em informações da Secretaria de Comércio Exterior (Secex)

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 4.3 – Exportação por porto recomendada pelos resultados do modelo *versus* exportação por porto apresentada pela SECEX. Ano safra base: 2010/2011

Porto	Açúcar			Etanol		
	Modelo	Modelo	Secex ¹	Modelo	Modelo	Secex ¹
	10 ³ (t)	(%)	(%)	10 ³ (m ³)	(%)	(%)
Santos (SP)	19.699	72%	72%	1.409	74%	74%
Paranaguá (PR)	4.813	17%	17%	351	18%	19%
Maceió (AL)	1.868	7%	7%	131	7%	7%
Recife (PE)	963	4%	4%	2	0%	0%
Vitória (ES)	108	0%	0%	6	0%	0%
Natal (RN)	28	0%	0%	0	0%	0%
Salvador (BA)	12	0%	0%	0	0%	0%
Imbituba (SC)	10	0%	0%	0	0%	0%
Fortaleza (CE)	7	0%	0%	0	0%	0%
Itajaí (SC)	6	0%	0%	1	0%	0%
Rio de Janeiro (RJ)	0	0%	0%	0	0%	0%
Belém (PA)	0	0%	0%	0	0%	0%
João Pessoa (PB)	0	0%	0%	5	0%	0%
Total	27.514	100%	100%	1.906	100%	100%

¹Percentual de exportação por porto elaborado com base em SECEX (2012)

Fonte: elaborado pelo autor

Quanto à distribuição dos fluxos por região de consumo, a Tabela 4.4 reúne as quantidades recomendadas pela modelagem para atender a demanda do mercado doméstico nos cenários atuais, agregadas por Unidade da Federação.

Tabela 4.4 – Quantidades dos fluxos direcionados para abastecimento do mercado doméstico de açúcar e etanol, agregados por Unidade da Federação

UF	 Açúcar	Etanol	 Açúcar	Etanol
	10 ³ (t)	10 ³ (m ³)	(%)	(%)
SP	3.055	13.080	29%	51%
RJ	1.157	1.444	11%	6%
MG	1.125	1.460	11%	6%
RS	637	536	6%	2%
PR	572	2.549	6%	10%
BA	527	1.023	5%	4%
SC	462	194	4%	1%
PA	337	168	3%	1%
PE	309	571	3%	2%
CE	296	365	3%	1%
GO	285	1.308	3%	5%
ES	253	228	2%	1%
AM	215	209	2%	1%
MA	197	227	2%	1%
MT	134	595	1%	2%
PB	127	240	1%	1%
RN	120	129	1%	1%
DF	115	416	1%	2%
AL	104	117	1%	1%
MS	97	250	1%	1%
SE	97	92	1%	0%
PI	90	84	1%	0%
TO	53	9	1%	0%
RO	52	155	1%	1%
AC	23	9	0%	0%
AP	20	11	0%	0%
RR	15	0	0%	0%
Total	10.474	25.470	100%	100%

Fonte: elaborado pelo autor

Cabe frisar que tanto os resultados correspondentes ao cenário atual com capacidade de transporte restrita (AR), assim como o cenário atual com capacidade de transporte não restrita (ANR), são idênticos em termos de distribuição da oferta, da demanda e exportação por porto. Os cenários se distinguem apenas pelos fluxos de transporte, haja vista que o cenário AR restringe a quantidade total que pode embarcar na rede intermodal, cuja configuração também é coincidente nos dois cenários.

Ao avaliar a participação de cada modalidade na produção de transporte total do cenário AR, em termos de TKU¹², foram observadas as proporções apresentadas na Figura 4.1.

É importante ressaltar que a quantidade de açúcar e etanol embarcada nas alternativas intermodais foi limitada ao montante de cada produto movimentado nas ferrovias e hidrovias em 2010/2011. Os resultados do modelo indicaram fluxos para movimentação ferroviária que somaram 9.200.000 toneladas no caso do açúcar e 2.100.000 m³ no caso do etanol.

Figura 4.1 - Proporção (%) da produção de transportes em TKU - Cenário atual restrito AR

Fonte: elaborado pelo autor

A recomendação ótima dos fluxos de transporte implicou utilização plena da capacidade atribuída para as ferrovias, e tal resultado sugere a existência de cargas do setor sucroalcooleiro com potencial reprimido de transporte ferroviário.

Note-se que a quantidade embarcada nas ferrovias de açúcar salta para 13.499 mil toneladas no cenário atual sem restrição de capacidade intermodal de transporte (ANR), vide Tabela 4.5. No caso do etanol, observa-se um acréscimo de aproximadamente 1.400 mil metros cúbicos no volume transportado através das ferrovias.

Como consequência a matriz de transporte expressa em TKU também é modificada, sendo que a participação da ferrovia na movimentação de açúcar salta de 24,7% no

¹² Toneladas Quilômetros Úteis (TKU) – Unidade que indica a produção de transporte, correspondente ao produto entre quantidade transportada e distância percorrida.

cenário AR para 36,5% no cenário ANR, enquanto no caso do etanol a proporção da modalidade ferroviária atinge 13,0% no cenário não restrito ante a fração de 8,5% observada no cenário restrito.

Tabela 4.5 - Quantidades movimentadas por modalidade de transporte e participação de cada modalidade na produção de total de transporte (TKU) correspondentes ao Cenário Atual Restrito (AR) e Cenário Atual Não Restrito (ANR)

	AR		AR		ANR		ANR	
	Etanol	Açúcar	Etanol	Açúcar	Etanol	Açúcar	Etanol	Açúcar
	10 ³ m ³	10 ³ t	% TKU	% TKU	10 ³ m ³	10 ³ t	%TKU	%TKU
Rodovia	25.276	28.788	91,5%	75,3%	23.876	24.237	87,0%	62,5%
Ferrovia	2100	9200	8,5%	24,7%	3.500	13.499	13,0%	36,5%
Hidro-Ferro	0	0	0,0%	0,0%	0	252	0,0%	1,0%
Total	27.376	37.988	100,0%	100,0%	27.376	37.988	100,0%	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor

O acréscimo de embarque através das ferrovias decorrente do relaxamento da restrição de capacidade indica que nas condições atuais existem fluxos com aptidão de transporte ferroviário que não são atendidos em função da limitação de capacidade. Esse *gap* justifica o esforço que importantes *players* do setor vêm alocando para alavancar o transporte ferroviário de açúcar entre o interior do estado de São Paulo até o Porto de Santos. Para fins de ilustração, citam-se as recentes notícias veiculadas pela mídia especializada a respeito da parceria da Rumo Logística com a América Latina Logística (ALL) buscando direcionar investimentos para adequação e aumento da capacidade de transporte no trecho ferroviário entre Itirapina (SP) e Santos (SP).

Como consequência da limitação de embarque intermodal espera-se que o cenário AR apresente um custo total de transporte mais elevado, haja vista que as modalidades ferroviárias e hidroviárias são mais competitivas em relação ao transporte rodoviário nas rotas de longas distâncias.

O custo total de frete apresentado pela solução ótima no cenário AR foi R\$ 3.864.378.120, sendo R\$ 2.491.780.335 a despesa com frete para o transporte de açúcar e R\$ 1.372.597.784 o custo de frete para o transporte de etanol. Quanto ao cenário atual com capacidade não restrita ANR, a recomendação ótima dos fluxos de transporte resultou nos seguintes custos com frete: R\$ 2.466.588.394 para açúcar, R\$ 1.371.442.352 para etanol, que somam R\$ 3.838.030.746. Note-se que mantendo as

condições de oferta e demanda e a configuração da rede intermodal, o cenário ANR revela uma economia com frete de R\$ 26.347.374 por safra em relação ao cenário AR. Interpreta-se essa diferença como indicador do benefício econômico direto para o setor sucroalcooleiro decorrente da eliminação dos gargalos que atualmente restringem a ampliação do embarque de açúcar e etanol nas ferrovias brasileiras, sem considerar a inclusão dos novos projetos e novos trechos ferroviários.

Cabe mencionar que a distância média ponderada dos fluxos de transporte entre as origens e centroides de destino foi de 343 km para abastecimento do mercado doméstico de etanol e 435 km para abastecimento do mercado doméstico de açúcar. No caso dos fluxos destinados para exportação, as distâncias médias ponderadas correspondem a 413 km para o transporte de etanol e 290 km para o transporte de açúcar. Vide Quadro 4.1.

Arcos	Distância média (km)	
	Etanol	Açúcar
<i>IM – ferro (Fluxos da Alternativa Ferroviária)</i>	443	489
<i>PR (Fluxos da Perna Rodoviária)</i>	61	40
<i>PRD (Fluxos da Perna Rodoviária de Destino)</i>	4	1
<i>R (Fluxos Rodoviário)</i>	392	461
Total (Distância Média Ponderada)	348	322

Quadro 4.1 - Distâncias médias ponderadas em cada arco da rede de transportes – Cenário Atual

Fonte: elaborado pelo autor

As informações desagregadas por microrregião de oferta, transbordo, modalidade de transporte e microrregião de consumo, correspondentes aos cenários AR e ANR são apresentados no Anexo B.

A nova configuração da distribuição geográfica da oferta, da demanda e das exportações indicada pelos resultados do modelo de otimização para os cenários futuros serão tratados ao longo dos próximos tópicos, com foco na análise dos fluxos de açúcar e etanol, e da distribuição espacial da oferta de cana-de-açúcar recomendada pelo modelo.

4.2 CENÁRIOS COM PROJEÇÕES PARCIAIS DA DEMANDA FUTURA

Ao longo dessa seção serão analisados os resultados correspondentes aos cenários que consideram projeções parciais do crescimento da demanda e das exportações de açúcar e etanol para 2020/2021. Objetiva-se analisar e discutir sobre as transformações na configuração da distribuição geográfica da oferta, da demanda e das exportações correlatas aos cenários futuros. Em paralelo, analisar-se-á a dinâmica dos fluxos de transporte intermodais derivada da ampliação da rede intermodal.

O conjunto de cenários classificados como projeções parciais adota como pressuposto crescimento do mercado doméstico e internacional equivalente a 80% dos acréscimos projetados para a demanda e exportações de açúcar e etanol até 2020/2021. Essa classe de cenários também considera diferentes configurações da rede de transporte intermodal, a saber: rede atual intermodal com restrição de capacidade e rede atual acrescentada dos principais projetos ferroviários e projetos hidro-dutoviários, sem restrição de capacidade. A configuração da malha intermodal correspondente a cada cenário foi detalhada na seção Material e Métodos.

Com o objetivo de facilitar a leitura dos resultados, a seguir são apresentados os rótulos usados para identificar cada cenário:

AR: Produção, demanda e exportações correspondentes a 2010/2011, considerando a rede de transporte intermodal atual com restrição de capacidade (cenário base);

R-P: Projeção parcial da demanda e exportações para 2020/2021, considerando a rede de transporte intermodal atual com restrição de capacidade;

FI-P: Projeção parcial da demanda e exportações para 2020/2021, considerando a rede de transporte intermodal atual sem restrição de capacidade acrescentada dos principais projetos ferroviários;

FC-P: Projeção parcial da demanda e exportações para 2020/2021, considerando a rede de transporte intermodal atual sem restrição de capacidade acrescentada dos principais projetos ferroviários e hidro-dutoviários.

Sugere-se que a análise dos resultados tenha como ponto de partida a distribuição espacial da oferta estadual de cana-de-açúcar. A Tabela 4.8 reúne as ofertas estaduais de

cana derivadas das recomendações do modelo e exibe as quantidades adicionais da oferta nos cenários futuros em relação à produção do cenário atual restrito (AR).

Para atender o crescimento da demanda doméstica mais exportações de açúcar e etanol projetados parcialmente para 2020/2021 o modelo indicou acréscimo de 607.048 mil toneladas de cana-de-açúcar, em adição à produção do cenário atual AR, atingindo oferta total de 1.265.805 mil toneladas de cana.

A Tabela 4.6 apresenta a oferta estadual de cana-de-açúcar recomendada pelo modelo, assim como o acréscimo da oferta estadual de cana-de-açúcar observado nos cenários futuros.

Ressalta-se que a maior parte da recomendação de expansão da oferta de cana – aproximadamente 98% - foi direcionada para os estados de SP, MS, MG, PR, GO, BA, TO, MA, MT e PI nos três cenários. Note-se que no cenário R-P os estados de SP, MS, MG, PR e GO compreendem as regiões que apresentaram maior crescimento da oferta de cana. Tal comportamento sugere maior competitividade logística das microrregiões localizadas nesses estados, que pode ser justificada pela proximidade em relação aos principais centros consumidores de açúcar e etanol da região sudeste, e também em relação aos principais portos que embarcam esse tipo de carga. Como fator adicional, é importante mencionar sobre a presença de áreas com boas condições edafoclimáticas para produção de cana nessas regiões.

Cabe frisar que os valores de arrendamento de terra no estado de SP são mais elevados em relação ao arrendamento nos demais estados, no entanto, observa-se que o acréscimo da oferta de cana sugerido para SP indica que os ganhos proporcionados pela competitividade logística e produtividade mais elevada podem compensar as despesas maiores com arrendamento.

Tabela 4.6 - Oferta estadual de cana-de-açúcar recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (mil toneladas) e acréscimo da oferta (mil toneladas) em relação ao cenário atual AR

UF	Oferta de Cana-de-açúcar (10 ³ t)				Variação da oferta (10 ³ t)		
	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	387.302	594.815	612.313	607.314	207.513	225.012	220.013
MS	34.182	108.828	113.829	113.028	74.646	79.647	78.846
MG	59.007	131.508	126.508	124.007	72.501	67.501	65.000
PR	45.421	112.799	105.422	115.422	67.378	60.002	70.001
GO	51.232	113.732	91.232	93.732	62.500	40.000	42.500
BA	2.534	50.039	62.544	62.544	47.505	60.010	60.010
TO	200	27.701	25.073	25.073	27.501	24.873	24.873
MA	2.349	22.350	22.350	17.350	20.001	20.001	15.002
PI	823	8.324	8.324	8.323	7.501	7.501	7.500
MT	14.430	21.930	21.930	22.731	7.500	7.500	8.301
RJ	1.748	4.248	4.248	4.248	2.500	2.500	2.500
RN	2.446	4.945	4.946	4.946	2.500	2.500	2.500
ES	3.088	5.588	5.588	5.588	2.500	2.500	2.500
AL	29.778	32.277	32.277	32.277	2.500	2.500	2.500
PE	16.044	18.544	18.544	18.544	2.500	2.500	2.500
RS	75	75	2.575	2.575	0	2.500	2.500
AC	13	13	13	13	0	0	0
AM	251	251	251	251	0	0	0
CE	38	38	38	38	0	0	0
PA	462	462	462	462	0	0	0
PB	5.248	5.248	5.248	5.248	0	0	0
RO	138	138	138	138	0	0	0
SE	1.950	1.950	1.950	1.950	0	0	0
Total	658.756	1.265.805	1.265.805	1.265.805	607.048	607.048	607.048

Fonte: elaborado pelo autor

Note-se que a produção de cana nos estados da BA amplia-se nos cenários FI-P e FC-P, em comparação com o cenário R-P. Essa tendência pode ser justificada pela inclusão da Ferrovia Integração Oeste-Leste na malha intermodal, haja vista que esse projeto ferroviário propicia maior competitividade logística aos corredores de transporte Nordeste.

Tabela 4.7 – Participação do crescimento da oferta estadual de cana-de-açúcar em relação ao crescimento total da oferta recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (%)

UF	R-P	UF	FI-P	UF	FC-P
SP	34,18%	SP	37,07%	SP	36,24%
MS	12,30%	MS	13,12%	MS	12,99%
MG	11,94%	MG	11,12%	PR	11,53%
PR	11,10%	BA	9,89%	MG	10,71%
GO	10,30%	PR	9,88%	BA	9,89%
BA	7,83%	GO	6,59%	GO	7,00%
TO	4,53%	TO	4,10%	TO	4,10%
MA	3,29%	MA	3,29%	MA	2,47%
PI	1,24%	PI	1,24%	MT	1,37%
MT	1,24%	MT	1,24%	PI	1,24%
PE	0,41%	RN	0,41%	RN	0,41%
RN	0,41%	PE	0,41%	PE	0,41%
RJ	0,41%	ES	0,41%	ES	0,41%
ES	0,41%	RS	0,41%	RS	0,41%
AL	0,41%	RJ	0,41%	RJ	0,41%
RS	0,00%	AL	0,41%	AL	0,41%
AC	0,00%	AC	0,00%	AC	0,00%
AM	0,00%	AM	0,00%	AM	0,00%
CE	0,00%	CE	0,00%	CE	0,00%
PA	0,00%	PA	0,00%	PA	0,00%
PB	0,00%	PB	0,00%	PB	0,00%
RO	0,00%	RO	0,00%	RO	0,00%
SE	0,00%	SE	0,00%	SE	0,00%
Total	100,00%	Total	100%	Total	100,00%

Fonte: elaborado pelo autor

O mapa da Figura 4.2 ilustra a configuração espacial da distribuição da oferta de cana-de-açúcar desagregada por microrregião. No mapa são assinaladas as regiões consideradas aptas para a produção de cana e as regiões recomendadas pelo modelo em cada cenário para fins de expansão da oferta de cana-de-açúcar.

Na maior parte das vezes foram coincidentes as escolhas das microrregiões como localidades ótimas para expansão da cana-de-açúcar nos cenários R-P, FI-P e FC-P, com exceção de poucas regiões, cujos resultados não convergiram.

Dessa ótica, constata-se que as alterações das configurações da rede intermodal de transporte não acarretaram grandes alterações no perfil de distribuição geográfica das regiões selecionadas para expansão da oferta de cana. Contudo, é importante ressaltar

que a inclusão de novos trechos viários na rede intermodal induziu variações da distribuição da oferta em cada microrregião, conforme observado na análise da recomendação da distribuição estadual da oferta de cana-de-açúcar.

Figura 4.2 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P
Fonte: elaborado pelo autor

As Figuras 4.3, 4.4 e 4.5 apresentam as microrregiões recomendadas pela solução do modelo como localidades ótimas para aumentar a oferta de cana. As cores atribuídas para cada microrregião sinalizam o número de módulos de expansão indicado para cada região, agrupado nas classes: 1 a 2 módulos, 3 a 4 módulos, 5 a 6 módulos e 7 a 8 módulos. Como a recomendação do modelo envolve módulos de expansão, o menor acréscimo de cana-de-açúcar em uma dada microrregião escolhida será 2.500 mil

toneladas, quantidade considerada mínima para viabilizar a implantação de projetos *greenfield*.

Ao analisar a alocação espacial da oferta adicional de cana-de-açúcar aconselhada pelos resultados do modelo, observa-se maior número de módulos de expansão alocados para SP, MS, MG, GO, BA e PR. Note-se nesses estados que há maior densidade de microrregiões para as quais foram indicados mais de cinco módulos de expansão.

Figura 4.3 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário R-P (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil toneladas)

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 4.4 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário FI-P (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil toneladas)
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 4.5 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário FC-P (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil t)

Fonte: elaborado pelo autor

O número de módulos de expansão de cana-de-açúcar indicado pelo modelo para cada microrregião geográfica é apresentado no Anexo B. Através desta lista é possível visualizar o nome das localidades (Microrregiões) escolhidas e o número de módulos de expansão do tipo destilaria ou do tipo misto indicado para cada região.

A expansão da cana-de-açúcar quando traduzida em produção de açúcar e etanol revelou taxas desiguais de crescimento da oferta desses produtos nas regiões potenciais, comportamento justificável pela configuração espacial distinta dos centros de consumo de cada produto. Ressalta-se ainda, que tanto no caso dos cenários que consideram a demanda atual como no caso dos cenários que projetam a demanda futura, os fluxos de açúcar apresentam uma participação preponderante das exportações em relação ao mercado doméstico, enquanto o mercado de etanol reflete uma configuração oposta, com predominância do mercado doméstico. Esse panorama também interfere na

alocação espacial da oferta, já que as regiões que originam açúcar têm como destinos principais os terminais portuários, enquanto os fluxos de etanol são direcionados em maior proporção para as bases de distribuição com elevada movimentação do combustível. As Tabelas 4.8 e 4.9 apresentam as ofertas estaduais de açúcar e etanol recomendadas pelo modelo matemático em cada cenário.

Note-se que as ofertas de açúcar dos estados de SP, PR e BA foram aquelas que apresentaram maior crescimento, abrangendo cerca de 75% do aumento da produção recomendada para atender a demanda futura. Chamou a atenção o acréscimo acentuado na produção de açúcar indicado para a BA nos cenários FI-P e FC-P, sendo que tal comportamento reforça o ganho de competitividade das regiões baianas, e que pode ser explicado pela incorporação da Ferrovia de Integração Oeste-Leste – alternativa ferroviária que tende a baixar o custo de transporte entre o Oeste da Bahia e o futuro Porto de Ilhéus.

Em relação ao etanol, a expansão da oferta manifestou-se de forma mais ampla e pulverizada, sendo os estados de SP, MS, MG, GO, PR, BA, TO e MA aqueles que apresentaram maiores acréscimos na oferta do produto nos cenários futuros. O acréscimo da oferta nesses estados representa 96% da expansão total da produção de etanol.

Tabela 4.8 - Oferta estadual de açúcar correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variação da demanda nos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil toneladas)

UF	Oferta de Açúcar (10 ³ t)				Oferta de Açúcar (10 ³ t)		
	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	23.446	27.858	27.438	27.648	4.412	3.992	4.202
PR	3.022	5.318	3.652	3.442	2.295	630	420
BA	114	1.794	3.475	3.475	1.681	3.361	3.361
MA	9	429	429	639	420	420	630
MG	3.244	3.664	3.454	3.244	420	210	0
ES	90	300	300	300	210	210	210
PI	46	256	256	46	210	210	0
TO	0	210	405	405	210	405	405
RJ	118	328	328	328	210	210	210
RN	169	379	169	169	210	0	0
AL	2.499	2.709	2.709	2.709	210	210	210
MS	1.329	1.329	1.749	1.959	0	420	630
RS	0	0	210	210	0	210	210
AC	0	0	0	0	0	0	0
AM	20	20	20	20	0	0	0
CE	0	0	0	0	0	0	0
GO	1.805	1.805	1.805	1.805	0	0	0
MT	446	446	446	446	0	0	0
PA	21	21	21	21	0	0	0
PB	183	183	183	183	0	0	0
PE	1.348	1.348	1.348	1.348	0	0	0
RO	0	0	0	0	0	0	0
SE	80	80	80	80	0	0	0
Total	37.988	48.477	48.477	48.477	10.489	10.489	10.489

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 4.9 - Oferta estadual de etanol correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variação da demanda nos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil metros cúbicos)

UF	Oferta de Etanol (10 ³ m ³)				Variação da oferta (10 ³ m ³)		
	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	15.354	29.014	30.694	30.154	13.660	15.340	14.800
MS	1.849	7.821	7.941	7.736	5.972	6.092	5.888
MG	2.558	8.078	7.818	7.758	5.520	5.260	5.200
GO	2.895	7.895	6.095	6.295	5.000	3.200	3.400
PR	1.619	5.479	5.999	6.939	3.860	4.380	5.320
BA	127	2.807	2.687	2.687	2.680	2.560	2.560
TO	16	2.076	1.736	1.736	2.060	1.720	1.720
MA	182	1.502	1.502	962	1.320	1.320	780
MT	857	1.457	1.457	1.521	600	600	664
PI	35	495	495	635	460	460	600
PE	385	585	585	585	200	200	200
RJ	61	121	121	121	60	60	60
RN	83	143	283	283	60	200	200
AL	716	776	776	776	60	60	60
ES	187	247	247	247	60	60	60
RS	6	6	66	66	0	60	60
AC	1	1	1	1	0	0	0
AM	7	7	7	7	0	0	0
CE	3	3	3	3	0	0	0
PA	23	23	23	23	0	0	0
PB	298	298	298	298	0	0	0
RO	11	11	11	11	0	0	0
SE	103	103	103	103	0	0	0
Total	27.376	68.948	68.948	68.948	41.572	41.572	41.572

Fonte: elaborado pelo autor

A oferta de açúcar e etanol recomendada para cada microrregião pela solução do modelo nos cenários R-P, FI-P e FC-P são apresentadas no Anexo B.

Enfocando o comportamento da demanda de produtos sucroalcooleiros no mercado doméstico, as tabelas 4.10 e 4.11 reúnem as entregas consolidadas por estado.

Quanto ao comportamento da demanda por açúcar, merece destaque a ampliação das entregas destinadas para os estados de SP, MG, RJ, PR, BA e SC nos cenários que envolvem a demanda futura. Esse comportamento pode ser justificado em grande parte pelo tipo de *proxy* utilizado para ratear o consumo nacional - um *mix* entre população e Produto Interno Bruto (PIB) - já que esses estados abrigam grande parcela da população e produção de riquezas.

Tabela 4.10 - Demanda estadual de açúcar correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variação da demanda nos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil toneladas)

UF	Demanda de Açúcar (10 ³ t)				Variação da Demanda (10 ³ t)		
	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	3.055	3.791	3.791	3.791	737	737	737
MG	1.125	1.397	1.397	1.397	271	271	271
RJ	1.157	1.329	1.321	1.318	172	164	160
PR	572	709	709	709	138	138	138
BA	527	633	633	633	106	106	106
SC	462	548	559	559	86	97	97
PE	309	384	384	377	75	75	68
GO	285	353	353	353	69	69	69
ES	253	314	276	276	61	22	22
PA	337	369	369	380	33	33	44
MT	134	166	166	166	32	32	32
RN	120	149	136	136	29	16	16
DF	115	143	143	143	28	28	28
MA	197	223	244	244	26	47	47
MS	97	121	121	121	23	23	23
SE	97	120	120	120	23	23	23
PB	127	149	149	149	23	23	23
AL	104	127	129	129	22	25	25
RS	637	659	682	682	22	46	46
PI	90	108	108	108	18	18	18
TO	53	66	66	66	13	13	13
RO	52	60	60	60	8	8	8
CE	296	302	304	302	6	8	6
AC	23	23	23	23	0	0	0
AM	215	215	215	215	0	0	0
AP	20	20	20	20	0	0	0
RR	15	15	15	15	0	0	0
Total	10.474	12.494	12.494	12.494	2.020	2.020	2.020

Fonte: elaborado pelo autor

Partindo para análise da demanda de etanol, é importante frisar que a projeção do consumo no mercado doméstico para 2020/2021 implica um acréscimo total de 30.075 mil metros cúbicos em relação à demanda de 2010/2011. A alocação ótima dos fluxos de etanol direcionados para as bases de distribuição sinaliza crescimento mais acentuado das entregas do combustível nos estados de SP, MG, SC, GO, DF e PR, conforme Tabela 4.11. Com exceção dos estados da região Nordeste, note-se que as mudanças na

configuração da rede intermodal exerceram pequeno efeito no destino dos fluxos de etanol, quando comparado com o cenário R-P.

Tabela 4.11 - Demanda estadual de etanol correspondente aos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variação da demanda nos cenários futuros em relação ao cenário AR (mil metros cúbicos)

UF	Demanda de Etanol (10 ³ m ³)				Variação da demanda (10 ³ m ³)		
	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	13.080	26.003	26.003	26.003	12.923	12.923	12.923
MG	1.460	7.986	7.996	7.996	6.526	6.536	6.536
SC	194	2.631	2.702	2.609	2.437	2.508	2.415
GO	1.308	2.945	2.945	2.945	1.637	1.637	1.637
DF	416	2.006	2.006	2.006	1.589	1.589	1.589
PR	2.549	3.816	3.816	3.816	1.267	1.267	1.267
CE	365	1.162	380	365	797	15	0
MS	250	1.043	1.043	1.043	793	793	793
ES	228	970	970	970	743	743	743
MA	227	925	996	996	698	769	769
MT	595	1.194	1.194	1.194	599	599	599
PA	168	668	540	653	500	372	486
TO	9	475	475	475	465	465	465
RS	536	962	902	902	426	366	366
AL	117	378	378	378	261	261	261
BA	1.023	1.175	1.326	1.326	152	303	303
RJ	1.444	1.515	1.515	1.515	72	72	72
SE	92	103	175	175	11	83	83
PI	84	84	452	452	0	367	367
PB	240	240	390	384	0	150	145
RN	129	129	200	200	0	71	71
RO	155	155	163	163	0	8	8
PE	571	571	571	571	0	0	0
AC	9	9	9	9	0	0	0
AP	11	11	11	11	0	0	0
AM	209	209	209	209	0	0	0
RR	0	0	0	0	0	0	0
Total	25.470	55.545	55.545	55.545	30.075	30.075	30.075

Fonte: elaborado pelo autor

Quanto aos fluxos direcionados para atender o mercado de exportação, os resultados apresentados através da Tabela 4.12 e Tabela 4.13 propiciam a análise das quantidades embarcadas por porto em cada cenário.

As exportações de açúcar projetadas para 2020/2021 atingem 35.983 mil toneladas, ante 27.514 mil toneladas exportadas em 2010/2011. Considerando o crescimento total

estimado da demanda externa do açúcar brasileiro – 8.469 mil toneladas, a maior parte dos fluxos adicionais foi direcionada para embarque através dos portos de Santos (SP), Paranaguá (PR), Ilhéus (BA), Maceió (AL), Recife (PE), vide Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Exportação de açúcar por porto de embarque nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P, e variações das quantidades em relação ao cenário AR (mil toneladas)

Porto	Exportação de Açúcar (10 ³ t)				Variação da Exportação (10 ³ t)		
	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
Santos (SP)	19.699	23.787	22.604	22.823	4.088	2.905	3.124
Paranaguá (PR)	4.813	7.260	6.862	6.650	2.447	2.049	1.838
Ilhéus (BA)	0	1.032	2.667	2.667	1.032	2.667	2.667
Maceió (AL)	1.868	2.431	2.416	2.411	564	548	543
Recife (PE)	963	1.299	1.200	1.190	335	236	227
Natal (RN)	28	30	30	30	2	2	2
São Luís (MA)	0	0	62	69	0	62	69
Belém (PA)	0	0	0	0	0	0	0
Fortaleza (CE)	7	7	7	7	0	0	0
Imbituba (SC)	10	10	10	10	0	0	0
Itajaí (SC)	6	6	6	6	0	0	0
João Pessoa (PB)	0	0	0	0	0	0	0
Rio de Janeiro (RJ)	0	0	0	0	0	0	0
Salvador (BA)	12	12	12	12	0	0	0
Vitória (ES)	108	108	108	108	0	0	0
Total	27.514	35.983	35.983	35.983	8.469	8.469	8.469

Fonte: elaborado pelo autor

Ao avaliar a participação do crescimento dos embarques por porto (Tabela 4.13) note-se que a expansão da malha de transporte ferroviário considerada nos cenários FI-P e FC-P ocasiona distribuição mais ampla dos fluxos de exportação entre os portos brasileiros. Merece destaque o aumento das exportações através do porto de Ilhéus.

Tabela 4.13 – Participação do crescimento do embarque de açúcar por porto em relação ao acréscimo total das exportações de açúcar, nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (%)

Porto	R-P	Porto	FI-P	Porto	FC-P
Santos (SP)	48,27%	Santos (SP)	34,30%	Santos (SP)	36,89%
Paranaguá (PR)	28,89%	Ilhéus (BA)	24,19%	Ilhéus (BA)	21,70%
Ilhéus (BA)	12,19%	Paranaguá (PR)	31,49%	Paranaguá (PR)	31,49%
Maceió (AL)	6,66%	Maceió (AL)	6,47%	Maceió (AL)	6,41%
Recife (PE)	3,96%	Recife (PE)	2,79%	Recife (PE)	2,68%
Natal (RN)	0,02%	São Luís (MA)	0,73%	São Luís (MA)	0,81%
São Luís (MA)	0,00%	Natal (RN)	0,02%	Natal (RN)	0,02%
Belém (PA)	0,00%	Belém (PA)	0,00%	Belém (PA)	0,00%
Fortaleza (CE)	0,00%	Fortaleza (CE)	0,00%	Fortaleza (CE)	0,00%
Imbituba (SC)	0,00%	Imbituba (SC)	0,00%	Imbituba (SC)	0,00%
Itajaí (SC)	0,00%	Itajaí (SC)	0,00%	Itajaí (SC)	0,00%
João Pessoa (PB)	0,00%	João Pessoa (PB)	0,00%	João Pessoa (PB)	0,00%
Rio de Janeiro (RJ)	0,00%	Rio de Janeiro (RJ)	0,00%	Rio de Janeiro (RJ)	0,00%
Salvador (BA)	0,00%	Salvador (BA)	0,00%	Salvador (BA)	0,00%
Vitória (ES)	0,00%	Vitória (ES)	0,00%	Vitória (ES)	0,00%
Total	100,00%	Total	100,00%	Total	100,00%

Fonte: elaborado pelo autor

Partindo para a análise do perfil das exportações de etanol - Tabela 4.14, destacaram-se os acréscimos nas exportações através do porto de Paranaguá (PR), São Luís (MA), Santos (SP), Vitória (ES) e Maceió (AL). No caso do cenário FI-P, o aumento das exportações é mais acentuado nos portos de Paranaguá (PR) e Santos (SP), mas também expressivos nos portos de São Luís (MA), Vitória (ES), Maceió (AL) e Ilhéus (BA). Quanto aos resultados do cenário FC-P, chama a atenção o acréscimo do volume de etanol embarcado pelo porto de Santos (SP). Tal tendência pode ser explicada pela inclusão do projeto hidro-dutoviário da Uniduto na rede intermodal de transportes, que terá como destino final esse porto.

Tabela 4.14 - Exportação de etanol por porto de embarque nos cenários AR, R-P, FI-P, FC-P, e variações das quantidades em relação ao cenário AR (mil metros cúbicos)

Porto	Exportação de Etanol (10 ³ m ³)				Variação da Exportação (10 ³ m ³)		
	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
Paranaguá (PR)	351	6.494	4.333	3.572	6.144	3.983	3.221
São Luís (MA)	0	1.570	1.117	932	1.570	1.117	932
Santos (SP)	1.409	2.494	4.979	5.928	1.084	3.570	4.519
Vitória (ES)	6	646	629	629	640	623	623
Maceió (AL)	131	367	334	332	236	202	200
Fortaleza (CE)	0	2	0	0	2	0	0
Ilhéus (BA)	0	0	180	180	0	180	180
João Pessoa (PB)	5	5	5	5	0	0	0
Belém (PA)	0	0	0	0	0	0	0
Imbituba (SC)	0	0	0	0	0	0	0
Itajaí (SC)	1	1	1	1	0	0	0
Natal (RN)	0	0	0	0	0	0	0
Recife (PE)	2	2	2	2	0	0	0
Rio de Janeiro (RJ)	0	0	0	0	0	0	0
Salvador (BA)	0	0	0	0	0	0	0
Total	1.906	11.581	11.581	11.581	9.676	9.676	9.676

Fonte: elaborado pelo autor

Ao analisar a distribuição das exportações adicionais de etanol entre os portos, ressalta-se a participação dos portos de Santos, Paranaguá e São Luís. De forma análoga às exportações de açúcar observa-se uma distribuição mais ampla dos embarques de etanol, com crescimento da captação de cargas pelos portos de São Luís (MA) e Ilhéus (BA) nos cenários FI-P e FC-P, proporcionada pela expansão da rede de ferrovias.

A Tabela 4.15 apresenta a participação de cada porto no acréscimo total nas exportações em cada cenário.

Tabela 4.15 – Participação do crescimento do embarque de etanol por porto em relação ao acréscimo total das exportações de etanol, nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (%)

Porto	R-P	Porto	FI-P	Porto	FC-P
Paranaguá (PR)	67,0%	Santos (SP)	41,8%	Santos (SP)	50,0%
São Luís (MA)	17,1%	Paranaguá (PR)	36,2%	Paranaguá (PR)	30,5%
Santos (SP)	7,1%	São Luís (MA)	11,6%	São Luís (MA)	9,1%
Vitória (ES)	6,5%	Vitória (ES)	6,4%	Vitória (ES)	6,4%
Maceió (AL)	2,3%	Maceió (AL)	2,1%	Maceió (AL)	2,1%
Ilhéus (BA)	0,0%	Ilhéus (BA)	1,9%	Ilhéus (BA)	1,9%
Fortaleza (CE)	0,0%	João Pessoa (PB)	0,0%	João Pessoa (PB)	0,0%
João Pessoa (PB)	0,0%	Fortaleza (CE)	0,0%	Fortaleza (CE)	0,0%
Belém (PA)	0,0%	Belém (PA)	0,0%	Belém (PA)	0,0%
Imbituba (SC)	0,0%	Imbituba (SC)	0,0%	Imbituba (SC)	0,0%
Itacoatiara (AM)	0,0%	Itacoatiara (AM)	0,0%	Itacoatiara (AM)	0,0%
Itajaí (SC)	0,0%	Itajaí (SC)	0,0%	Itajaí (SC)	0,0%
Natal (RN)	0,0%	Natal (RN)	0,0%	Natal (RN)	0,0%
Recife (PE)	0,0%	Recife (PE)	0,0%	Recife (PE)	0,0%
Rio de Janeiro (RJ)	0,0%	Rio de Janeiro (RJ)	0,0%	Rio de Janeiro (RJ)	0,0%
Salvador (BA)	0,0%	Salvador (BA)	0,0%	Salvador (BA)	0,0%
Santarém (PA)	0,0%	Santarém (PA)	0,0%	Santarém (PA)	0,0%
Total	100,0%	Total	100,0%	Total	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor

Ainda com a finalidade de avaliar os efeitos da expansão da rede intermodal nos fluxos de transporte do setor sucroalcooleiro, a Tabela 4.16 e Tabela 4.17 apresentam a participação de cada modalidade de transporte na movimentação total de cargas em cada cenário, e na sequência a Tabela 4.18 reúne os custos médios de frete observados em cada cenário.

Em relação ao transporte de açúcar, ressalta-se o crescimento da participação da modalidade ferroviária na movimentação total de cargas, nos cenários que consideram os novos projetos ferroviários: Ferrovia Norte-Sul, Ferrovia de Integração Oeste-Leste, Ferrovia de Integração Centro-Oeste e Nova Transnordestina. Tal comportamento pode ser justificado pelo aumento da captação de cargas ocasionado pela ramificação e ampliação da capacidade das ferrovias nos cenários FI-P e FC-P. Esse acréscimo reflete o potencial de transporte reprimido pelas limitações atuais desse modal no país, em função da baixa disponibilidade da infraestrutura ferroviária atualmente, particularmente nas regiões de fronteiras agrícolas.

Destaca-se também o acréscimo da captação de cargas pela alternativa hidro-ferroviária nos cenários FI-P e FC-P. A rota hidro-ferroviária indicada pelos resultados para transporte de açúcar é composta pela ligação hidroviária entre São Simão (GO) e Pederneiras (SP) e a conexão ferroviária até Santos (SP).

Os fluxos sugeridos pelo modelo através da Hidrovia Tietê-Paraná justificam-se pela competitividade do modal hidroviário em termos de custo para o escoamento tanto da produção de açúcar como de etanol. Além dos baixos custos correlatos ao transporte fluvial, essa hidrovia ganha importância para o setor à medida que sua área de influência abrange região com elevada produção sucroalcooleira. Ressalta-se, contudo, que essa hidrovia não tem acesso direto ao Porto de Santos, fazendo com que os fluxos de exportação tenham que passar por duas operações de transbordo antes de chegar ao porto, característica que diminui a competitividade da hidrovia em relação ao transporte rodoviário e ferroviário e inibe a captação de maiores volumes de cargas.

Observa-se através da Tabela 4.16 que a ampliação da captação de cargas pela rede intermodal nos cenários FI-P e FC-P altera a composição da matriz de transporte nacional, expressa em Tonelada Quilômetro Útil (TKU) e acarreta aumento expressivo das alternativas intermodais na movimentação total. No caso do produto açúcar, a participação da modalidade ferroviária saltou de 25% no cenário AR para 43% no cenário FC-P, enquanto a produção de transporte das hidrovias aumentou para 3%.

Tabela 4.16 - Quantidade de açúcar movimentada por modalidade de transporte nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (mil toneladas) e participação percentual de cada modal na matriz de transporte de cargas (TKU)

Modalidade	Açúcar por modalidade (10 ³ t)				Açúcar por modalidade (% TKU)			
	AR	R-P	FI-P	FC-P	AR	R-P	FI-P	FC-P
Rodoviário	28.788	36.655	27.664	27.832	75,2%	77,5%	53,7%	54,6%
Ferroviário	9.200	9.200	17.341	17.325	24,8%	22,5%	43,2%	43,0%
Hidroferroviário	0	0	850	698	0,0%	0,0%	3,0%	2,5%
Dutoviário	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hidrodutoviário	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hidroviário	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Total	37.988	45.855	45.855	45.855	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor

De forma semelhante observa-se acréscimo expressivo do transporte intermodal de etanol nos cenários FI-P e FC-P. Contudo, cabe ressaltar que grande parte do volume total de etanol atraído pelas ferrovias no cenário FI-P acaba migrando para as alternativas dutoviárias e hidro-dutoviárias adicionadas à rede de transporte no cenário FC-P, conforme dados apresentados na Tabela 4.17. Esse comportamento pode ser atribuído aos baixos custos correlatos às alternativas hidroviárias e dutoviárias para fins de movimentação de graneis líquidos.

A incorporação do projeto denominado Uniduto na malha intermodal, que envolverá a conexão dutoviária entre Ribeirão Preto, Paulínia e Santos, além da conexão dutoviária da Hidrovia Tietê-Paraná até Paulínia, resultou na captação de grande volume de etanol - aproximadamente 11 milhões de m³ - pelo sistema de dutovias. Tal alteração na rede intermodal ampliou de forma expressiva a participação do modal dutoviário na matriz de transporte de etanol projetada para o cenário FC-P, que assume 14% da produção total em TKU em 2020/2021.

Tabela 4.17 - Quantidade de etanol movimentada por modalidade de transporte nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P (mil metros cúbicos) e participação percentual de cada modal na matriz de transporte de cargas (TKU)

Modalidade	Etanol por modalidade (10 ³ m ³)				Etanol por modalidade (% TKU)			
	AR	R-P	FI-P	FC-P	AR	R-P	FI-P	FC-P
Rodoviário	25.276	66.848	51.495	44.746	91,5%	96,8%	65,8%	60,2%
Ferroviário	2.100	2.100	17.225	13.236	8,5%	3,2%	33,8%	25,7%
Hidroferroviário	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Dutoviário	0	0	0	8.571	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%
Hidrodutoviário	0	0	0	2.374	0,0%	0,0%	0,0%	5,7%
Hidroviário	0	0	228	21	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%
Total	27.376	68.948	68.948	68.948	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados apresentados comprovam que a ampliação da rede intermodal de transporte provocaria acentuada expansão da captação de fluxos de açúcar e etanol através das novas rotas ferroviárias, hidroviárias e dutoviárias projetadas. O acréscimo dos embarques intermodais se deve a elevada competitividade desses modais em longas distâncias, em relação às alternativas rodoviárias.

Sabe-se que cada região apresenta níveis de competitividade logística distintos e o impacto dos projetos intermodais tende a afetar em proporções distintas o custo de

transporte, haja vista que o diferencial de custo logístico em cada origem deriva de uma série de fatores, tais como: distância até os portos e mercados consumidores, distâncias até os terminais intermodais, mercado consumidor cativo, dentre outros.

O custo médio de transporte obtido pela recomendação ótima da alocação dos fluxos de açúcar e etanol provê um indicador das economias logísticas potenciais proporcionadas pela ampliação da rede de transporte intermodal. Os valores médios correspondentes a cada cenário são apresentados através da Tabela 4.18.

Ressalta-se que o custo de transporte médio no cenário FC-P diminuiu em relação ao custo médio correspondente ao cenário R-P, baixando de R\$ 59,88 para R\$ 57,38 por tonelada de açúcar transportada. No caso do etanol, o custo de transporte médio cai de R\$ 51,56 por metro cúbico para R\$ 47,12 por metro cúbico. Considerando as quantidades transportadas nas condições do cenário FC-P, as economias totais geradas aproximam-se a R\$ 121 milhões no caso do açúcar e a R\$ 306 milhões para etanol, que resultam em diminuição total de R\$ 427 milhões nas despesas com frete por safra – decréscimo de 7% no valor médio de frete. Esse valor pode ser interpretado como benefício econômico direto para o setor sucroalcooleiro trazido pelos projetos de expansão da malha intermodal considerados na classe de cenários FI e projeções parciais de oferta e demanda para 2020/2021. No caso da classe de cenários FC, as alterações da rede intermodal proporcionam ganhos logísticos que resultam em economias diretas com frete para transporte de açúcar próximo a R\$ 122 milhões e diminuição de R\$ 394 milhões nas despesas com movimentação de etanol, acarretando decréscimo total de R\$ 516 milhões nos gastos para escoamento da produção sucroalcooleira em relação ao cenário AR – que corresponde a uma diminuição de aproximadamente 8% no frete médio do setor sucroalcooleiro.

Quanto aos resultados correlatos à classe FC cabe frisar que os ganhos logísticos são mais acentuados para etanol em comparação com as economias geradas na classe FI e observa-se pouca variação no frete médio do açúcar. Esse comportamento é justificado pela incorporação do projeto Uniduto na malha intermodal, haja vista que tal alteração teria impacto expressivo na movimentação de etanol.

Tabela 4.18 - Custos de transporte médios observados nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P

	Custo Açúcar (R\$/t)	Custo Etanol (R\$/m ³)	Total ¹ (R\$/t)
AR	R\$ 65,59	R\$ 50,14	R\$ 59,12
R-P	R\$ 59,88	R\$ 51,56	R\$ 54,99
FI-P	R\$ 57,38	R\$ 47,12	R\$ 51,36
FC-P	R\$ 57,37	R\$ 45,84	R\$ 50,60

¹Para conversão da unidade do valor do frete de R\$/m³ para R\$/t adotou-se a densidade de 0,82 t/m³ de etanol

Fonte: elaborado pelo autor

Partindo para a análise do balanço de oferta e demanda estaduais, a Tabela 4.19 apresenta os *superávits* e os *déficits* do balanço em cada unidade da federação. Os valores positivos representam as quantidades excedentes e, portanto, que foram exportadas para outros estados ou embarcadas para o mercado internacional. Já os valores negativos correspondem às quantidades importadas de outras regiões. Note-se que no cenário atual restrito AR os estados de SP, PR, AL, MG, MS e PE abrangem as principais regiões com excedente exportável desse produto. Já os estados do RJ, RS, BA, PA, CE, AM e MA compreendem as regiões que absorveram a maior parte dos fluxos de açúcar.

Migrando para a análise das alterações observadas nos cenários FI-P e FC-P merecem destaque os estados da BA, MA, TO que passam da condição de importadores no cenário AR para regiões com excedente nos cenários FI-P e FC-P. Também cabe ressaltar o crescimento significativo da oferta adicional nos estados de SP, PR, MS e GO.

Ao avaliar o excedente gerado de etanol ressaltam-se os crescimentos dos volumes superavitários no MS, SP, GO, MT e TO. Ademais, note-se que PR, BA, PI e MA deixam a condição de consumidores de etanol no cenário atual e tornam-se importantes fornecedores do produto nos cenários futuros.

Tabela 4.19 – Exportação líquida de açúcar e etanol em cada estado nos cenários AR, R-P, FI-P e FC-P

Açúcar (mil t)					Etanol (mil m³)				
UF	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)	UF	AR (1)	R-P (2)	FI-P (3)	FC-P (4)
SP	20391	26798	25327	25747	SP	2274	7191	7971	8291
PR	2450	4610	3979	3363	MS	1599	7591	8374	8574
AL	2395	2373	2370	2370	GO	1587	6150	5150	4410
MG	2119	2477	2477	2477	MG	1098	-48	-58	-258
GO	1521	1452	1452	1616	AL	599	538	538	538
MS	1231	1208	1838	1838	MT	262	923	920	920
PE	1039	964	964	970	PB	58	58	-92	-86
MT	312	380	380	412	SE	11	0	-72	-72
PB	56	33	33	33	TO	7	1601	1601	1601
RN	49	20	33	33	AC	-8	-8	-8	-8
SE	-17	-41	-41	-41	ES	-41	-723	-723	-723
AC	-23	-23	-23	-23	MA	-45	437	506	506
PI	-44	-62	-62	-62	RN	-46	154	83	83
RO	-52	-60	-60	-60	PI	-49	551	184	184
TO	-53	144	144	144	RO	-144	-144	-152	-152
ES	-163	-14	24	24	PA	-145	-645	-517	-630
MA	-188	416	185	185	PE	-186	14	14	14
AM	-195	-195	-195	-195	AM	-202	-202	-202	-202
CE	-296	-302	-304	-302	CE	-362	-1159	-377	-362
PA	-316	-348	-348	-359	RS	-530	-896	-836	-836
BA	-414	951	2632	2632	BA	-896	3172	1901	1901
RS	-637	-449	-472	-472	PR	-930	3463	3883	4303
RJ	-1039	-1001	-993	-990	RJ	-1383	-1394	-1394	-1394

Fonte: elaborado pelo autor

AS informações desagregadas por microrregião de oferta, transbordo, modalidade de transporte e microrregião de consumo, correspondentes aos cenários R-P, FI-P e FC-P são apresentados no Anexo B.

4.3 CENÁRIOS COM PROJEÇÕES PLENAS DA DEMANDA FUTURA

O conjunto de cenários classificados como “projeções plenas” considerou integralmente as projeções da demanda e exportações para 2020/2021, conforme documentado na seção Material e Métodos.

Também foram realizadas simulações alterando a configuração da rede intermodal de transporte. A seguir são apresentados os rótulos atribuídos para cada cenário que combina as projeções plenas e variações na rede intermodal:

AR: Produção, demanda e exportações correspondentes a 2010/2011, considerando a rede de transporte intermodal atual com restrição de capacidade;

R-PL: Projeção plena da demanda e exportações para 2020/2021, considerando a rede de transporte intermodal atual com restrição de capacidade;

FI-PL: Projeção plena da demanda e exportações para 2020/2021, considerando a rede de transporte intermodal atual sem restrição de capacidade acrescentada dos principais projetos ferroviários;

FC-PL: Projeção plena da demanda e exportações para 2020/2021, considerando a rede de transporte intermodal atual sem restrição de capacidade acrescentada dos principais projetos ferroviários e hidro-dutoviários.

Cabe frisar que os cenários com projeção plena baseiam-se nas mesmas configurações da rede intermodal adotadas para os cenários parciais, portanto, os dois conjuntos de cenários distinguem-se apenas pelas quantidades da demanda e exportações projetadas para 2020/2021.

Dessa forma, espera-se que os resultados discutidos nesse tópico, em termos de configuração espacial, assemelhem-se aos resultados obtidos nos cenários com projeções parciais das demandas futuras, mas com fluxos de transporte envolvendo quantidades maiores.

Partindo da análise do crescimento da oferta de cana-de-açúcar, os resultados indicaram acréscimo total de 758.807 mil toneladas, atingindo oferta total de 1.305.105 mil toneladas. De acordo com a distribuição ótima da produção adicional sugerida pelo

modelo, o estado de SP absorveria 44% do aumento total da produção de cana, MS ficaria com 11%, PR com 11%, MG com 9%, BA com 9%, TO com 4%, GO com 3%, MA com 3%, MT com 2% e PI com 1%, considerando os resultados do cenário FI-PL. Juntas, essas regiões captariam 98% do acréscimo de cana total para atender as condições de oferta e demanda projetadas para 2020/2021, conforme Tabela 4.20 e Tabela 4.21.

Note-se que o acréscimo da oferta de estadual de cana foi distinto em cada cenário, comportamento que pode ser atribuído às diferenças da configuração da rede intermodal.

Tabela 4.20 - Oferta estadual de cana-de-açúcar recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil toneladas)

UF	Oferta de Cana-de-açúcar (10 ³ t)				Variação da oferta (10 ³ t)		
	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	387.302	669.823	667.319	674.820	282.521	280.017	287.518
PR	45.421	135.311	135.309	135.424	89.890	89.889	90.003
MS	34.182	118.989	134.034	136.534	84.807	99.852	102.352
GO	51.232	128.732	116.232	108.346	77.500	65.000	57.114
MG	59.007	131.509	131.509	129.009	72.502	72.502	70.002
BA	2.534	67.538	67.543	67.543	65.004	65.009	65.009
TO	200	27.701	27.701	27.701	27.501	27.501	27.501
MA	2.349	22.350	22.350	22.350	20.002	20.001	20.001
MT	14.430	31.011	30.968	31.238	16.581	16.538	16.808
PI	823	8.323	8.323	8.323	7.500	7.500	7.500
RS	75	2.575	2.575	2.575	2.500	2.500	2.500
ES	3.088	5.588	5.588	5.588	2.500	2.500	2.500
RJ	1.748	4.248	4.248	4.248	2.500	2.500	2.500
RN	2.446	4.946	4.946	4.946	2.500	2.500	2.500
AL	29.778	32.278	32.278	32.278	2.500	2.500	2.500
PE	16.044	18.544	18.544	18.544	2.500	2.500	2.500
AC	13	13	13	13	0	0	0
AM	251	251	251	251	0	0	0
CE	38	38	38	38	0	0	0
PB	5.248	5.248	5.248	5.248	0	0	0
RO	138	138	138	138	0	0	0
SE	1.950	1.950	1.950	1.950	0	0	0
PA	462	462	462	462	0	0	0
Total	658.756	1.305.105	1.305.105	1.305.105	758.807	758.807	758.807

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 4.21 – Participação do crescimento da oferta estadual cana-de-açúcar em relação ao crescimento total da oferta recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários R-PL, FI-PL e FC-PL (%)

UF	R-PL	UF	FI-PL	UF	FC-PL
SP	43,13%	SP	44,50%	SP	45,19%
MS	13,19%	MS	11,48%	MS	13,53%
PR	11,97%	PR	11,30%	PR	10,61%
BA	8,90%	MG	9,24%	BA	8,90%
MG	6,85%	BA	8,90%	MG	7,19%
GO	5,13%	TO	3,77%	GO	3,77%
TO	3,42%	GO	3,42%	TO	3,42%
MA	2,74%	MA	2,74%	MA	2,74%
MT	1,58%	MT	1,57%	MT	1,57%
PI	1,03%	PI	1,03%	PI	1,03%
RN	0,34%	RN	0,34%	AL	0,34%
PE	0,34%	AL	0,34%	RN	0,34%
AL	0,34%	PE	0,34%	PE	0,34%
ES	0,34%	ES	0,34%	ES	0,34%
RS	0,34%	RS	0,34%	RS	0,34%
RJ	0,34%	RJ	0,34%	RJ	0,34%
PB	0,00%	PB	0,00%	PB	0,00%
SE	0,00%	SE	0,00%	SE	0,00%
PA	0,00%	PA	0,00%	PA	0,00%
AM	0,00%	AM	0,00%	AM	0,00%
CE	0,00%	CE	0,00%	CE	0,00%
AC	0,00%	AC	0,00%	AC	0,00%
RO	0,00%	RO	0,00%	RO	0,00%
Total	100,00%	Total	100%	Total	100,00%

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 4.6 propicia a análise espacial da distribuição da oferta adicional de cana-de-açúcar desagregada por microrregião. No mapa são assinaladas as regiões consideradas aptas para a produção de cana e as regiões escolhidas pelo modelo para expandir a oferta de cana-de-açúcar em cada cenário.

Analogamente aos resultados correspondentes à classe de cenários com projeção parcial, na maior parte das vezes foram coincidentes as escolhas das microrregiões como localidades ótimas para expansão da cana-de-açúcar nos cenários R-PL, FI-PL e FC-PL, com exceção de poucas regiões cujos resultados não convergiram.

Tal comportamento reforça que o acréscimo dos projetos na rede intermodal de transporte não implicou alterações significativas no perfil de distribuição geográfica das

regiões selecionadas para expansão da oferta de cana. Todavia, é importante reforçar que a alocação da oferta de cana entre as regiões de oferta revelou-se sensível às modificações na rede intermodal.

Figura 4.6 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL

Fonte: elaborado pelo autor

As Figuras 4.7, 4.8 e 4.9 indicam as microrregiões que foram recomendadas pela solução do modelo como localidades ótimas, assim como o número de módulos de expansão de cana indicados para cada microrregião.

Ao analisar a distribuição espacial da produção adicional de cana-de-açúcar aconselhada pelo modelo, observa-se maior número de módulos de expansão alocados para os estados de SP, MS, MG, BA, GO e PR. Note-se que nessas unidades da federação há maior

densidade de microrregiões para as quais foram assinalados mais de cinco módulos de expansão.

Figura 4.7 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário R-PL (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil toneladas)

Fonte: elaborado pelo autor

Note-se que a expansão da rede intermodal considerada nos cenários FI-PL e FC-PL acarreta rearranjos na alocação da produção de cana, particularmente, nos estados de GO, PR e SP. Através da Figura 4.8 é possível observar que a densidade de módulos de expansão de cana sugerida para essas regiões sofre alterações quando comparada à distribuição observada no cenário R-PL (Figura 4.7).

Figura 4.8 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário FI-PL. Valor do módulo: 2.500 mil toneladas.

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 4.9 - Localização dos módulos de expansão de cana-de-açúcar por microrregião, no cenário FC-PL (módulo de expansão de cana-de-açúcar: 2.500 mil toneladas)

Fonte: elaborado pelo autor

O número de módulos de expansão de cana indicado pelo modelo para cada microrregião geográfica é apresentado no ANEXO B.

Partindo para análise da oferta estadual de açúcar, observou-se uma distribuição espacial da produção nos cenários com projeções plenas bastante semelhantes ao padrão de distribuição observado nos cenários com projeções parciais, contudo, envolvendo maiores volumes. As tabelas 4.22 e 4.23 reúnem a oferta de açúcar e etanol, assim como a variação da oferta correspondente aos cenários futuros em relação ao cenário atual.

Em relação à distribuição espacial da oferta de etanol, cabe destacar o aumento da participação da produção dos estados de GO e MT na oferta nacional dos cenários futuros. O acréscimo da oferta nessas regiões foi mais expressivo quando comparado com os resultados observados nos cenários parciais. Tal comportamento indica que o

modelo preferiu atender o crescimento da demanda projetado para as regiões Centro-Sul nas condições em que a demanda correspondia a 80% do potencial de consumo projetado para 2020/2021. No caso dos cenários plenos, que consideram todo potencial de consumo estimado para o futuro, o modelo sugeriu maior produção em GO e MT, ampliando as entregas nas regiões Norte e Centro-Oeste, e de forma a suprir a demanda projetada em sua totalidade. Esse tipo de comportamento sugere que a área com canaviais no estado de MT tende a ser mais ampla à medida que a participação do etanol cresça no mercado doméstico.

Tabela 4.22 - Oferta estadual de açúcar recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil toneladas)

UF	Oferta de Açúcar (10 ³ t)				Oferta de Açúcar (10 ³ t)		
	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	23.446	30.589	29.118	29.539	7.143	5.672	6.092
PR	3.022	5.319	4.689	4.073	2.297	1.667	1.050
BA	114	1.584	3.265	3.265	1.471	3.151	3.151
MA	9	639	429	429	630	420	420
MG	3.244	3.874	3.874	3.874	630	630	630
RS	0	210	210	210	210	210	210
TO	0	210	210	210	210	210	210
ES	90	300	300	300	210	210	210
RJ	118	328	328	328	210	210	210
MT	446	546	546	578	100	100	132
MS	1.329	1.329	1.959	1.959	0	630	630
GO	1.805	1.805	1.805	1.969	0	0	164
AC	0	0	0	0	0	0	0
AL	2.499	2.499	2.499	2.499	0	0	0
AM	20	20	20	20	0	0	0
CE	0	0	0	0	0	0	0
PB	183	183	183	183	0	0	0
PE	1.348	1.348	1.348	1.348	0	0	0
PI	46	46	46	46	0	0	0
RN	169	169	169	169	0	0	0
RO	0	0	0	0	0	0	0
SE	80	80	80	80	0	0	0
PA	21	21	21	21	0	0	0
Total	37.988	51.099	51.099	51.099	13.111	13.111	13.111

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 4.23 - Oferta estadual de etanol recomendada pelo modelo matemático, correspondente aos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil metros cúbicos)

UF	Oferta de Etanol (10 ³ m ³)				Variação da oferta (10 ³ m ³)		
	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	15.354	33.194	33.974	34.294	17.840	18.620	18.940
MS	1.849	8.633	9.417	9.617	6.785	7.568	7.768
GO	2.895	9.095	8.095	7.355	6.200	5.200	4.460
PR	1.619	7.279	7.699	8.119	5.660	6.080	6.500
MG	2.558	7.938	7.938	7.738	5.380	5.380	5.180
BA	127	4.347	3.227	3.227	4.220	3.100	3.100
TO	16	2.076	2.076	2.076	2.060	2.060	2.060
MT	857	2.117	2.114	2.114	1.260	1.257	1.257
MA	182	1.362	1.502	1.502	1.180	1.320	1.320
PI	35	635	635	635	600	600	600
PE	385	585	585	585	200	200	200
RN	83	283	283	283	200	200	200
AL	716	916	916	916	200	200	200
RS	6	66	66	66	60	60	60
ES	187	247	247	247	60	60	60
RJ	61	121	121	121	60	60	60
AC	1	1	1	1	0	0	0
AM	7	7	7	7	0	0	0
CE	3	3	3	3	0	0	0
PA	23	23	23	23	0	0	0
PB	298	298	298	298	0	0	0
RO	11	11	11	11	0	0	0
SE	103	103	103	103	0	0	0
Total	27.376	70.344	70.344	70.344	51.965	51.965	51.965

Fonte: elaborado pelo autor

Migrando para avaliação do perfil do consumo doméstico de produtos sucroalcooleiros nos cenários futuros FI-PL e FC-PL, a Tabela 4.24 e Tabela 4.25 reúnem as demandas de açúcar e etanol consolidadas por estado, derivadas da alocação ótima dos fluxos de transporte.

Cabe destacar os aumentos das entregas de açúcar em SP, RJ, MG, RS, PR e BA. É importante recordar-se que a projeção futura da demanda de açúcar ocorre com base nas *proxys* população e PIB, o que justifica o crescimento mais intenso do consumo do produto nessas regiões.

Tabela 4.24 - Demanda estadual de açúcar observada nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL e variação na demanda dos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil toneladas)

UF	Demanda de Açúcar (10 ³ t)				Variação da Demanda (10 ³ t)		
	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	3.055	3.791	3.791	3.791	737	737	737
RJ	1.157	1.436	1.436	1.436	279	279	279
MG	1.125	1.397	1.397	1.397	271	271	271
RS	637	790	790	790	153	153	153
PR	572	709	709	709	138	138	138
BA	527	654	654	654	127	127	127
SC	462	573	573	573	111	111	111
PA	337	418	418	418	81	81	81
PE	309	384	384	384	75	75	75
CE	296	368	368	368	71	71	71
GO	285	353	353	353	69	69	69
ES	253	314	314	314	61	61	61
AM	215	267	267	267	52	52	52
MA	197	244	244	244	47	47	47
MT	134	166	166	166	32	32	32
PB	127	157	157	157	31	31	31
RN	120	149	149	149	29	29	29
DF	115	143	143	143	28	28	28
AL	104	129	129	129	25	25	25
MS	97	121	121	121	23	23	23
SE	97	120	120	120	23	23	23
PI	90	112	112	112	22	22	22
TO	53	66	66	66	13	13	13
RO	52	64	64	64	13	13	13
AC	23	29	29	29	6	6	6
AP	20	25	25	25	5	5	5
RR	15	19	19	19	4	4	4
Total	10.474	12.999	12.999	12.999	2.525	2.525	2.525

Fonte: elaborado pelo autor

Em relação ao comportamento do mercado doméstico de etanol, as projeções para 2020/2021 implicam acréscimo total de 39.870 mil metros cúbicos na demanda, que salta de 25.470 mil m³ em 2010/2011 para 65.340 mil m³ em 2020/2021. Observa-se que os resultados do modelo alocaram a maior parte das entregas adicionais para os mercados de SP, MG, SC, RS, RJ, BA e GO, conforme dados da Tabela 4.25.

Tabela 4.25 - Demanda estadual de etanol observada nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL e variação na demanda nos cenários futuros em relação ao cenário atual (mil metros cúbicos)

UF	Demanda de Etanol (10 ³ m ³)				Variação da demanda (10 ³ m ³)		
	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
SP	13080	26003	26003	26003	12923	12923	12923
MG	1460	7996	7996	7996	6536	6536	6536
SC	194	2739	2739	2739	2545	2545	2545
RS	536	2655	2655	2655	2120	2120	2120
RJ	1444	3449	3449	3449	2006	2006	2006
GO	1308	2945	2945	2945	1637	1637	1637
DF	416	2006	2006	2006	1589	1589	1589
PR	2549	3816	3816	3816	1267	1267	1267
BA	1023	2171	2171	2171	1148	1148	1148
PE	571	1442	1442	1442	871	871	871
CE	365	1211	1211	1211	846	846	846
MS	250	1043	1043	1043	793	793	793
MA	227	996	996	996	769	769	769
ES	228	970	970	970	743	743	743
MT	595	1194	1194	1194	599	599	599
PA	168	668	668	668	500	500	500
RN	129	616	616	616	487	487	487
TO	9	475	475	475	465	465	465
PB	240	676	676	676	437	437	437
PI	84	452	452	452	367	367	367
SE	92	369	369	369	276	276	276
AM	209	483	483	483	274	274	274
AL	117	378	378	378	261	261	261
RO	155	403	403	403	248	248	248
AP	11	98	98	98	86	86	86
AC	9	87	87	87	78	78	78
RR	0	0	0	0	0	0	0
Total	25.470	65.340	65.340	65.340	39.870	39.870	39.870

Fonte: elaborado pelo autor

Com enfoque nos fluxos direcionados para o mercado de exportação, a Tabela 4.26 e a Tabela 4.27 reúnem as quantidades de cargas embarcadas por porto em cada cenário.

De forma semelhante aos cenários com projeções parciais, os portos de Santos e Paranaguá revelam-se predominantes nos embarques de açúcar e etanol, ressaltando o grande potencial desses terminais para captação de cargas do setor. Ressalta-se novamente que o Porto de Ilhéus embarca maiores volumes nos cenários FI-PL e FC-PL,

e tal tendência reflete o ganho de competitividade desse porto ocasionados pelos novos projetos ferroviários.

Tabela 4.26 - Exportação de açúcar por porto de embarque nos cenários AR, R-PL, FI-PL, FC-PL e variações das quantidades em relação ao cenário AR (mil toneladas)

Porto	Exportação de Açúcar (10 ³ t)				Variação da Exportação (10 ³ t)		
	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
Santos (SP)	19699	25917	23412	24650	6218	3713	4951
Paranaguá (PR)	4813	7952	8807	7569	3139	3994	2756
Ilhéus (BA)	0	832	2447	2447	832	2447	2447
Maceió (AL)	1868	2209	2179	2179	341	311	311
Recife (PE)	963	1017	1081	1081	54	118	118
Natal (RN)	28	30	30	30	2	2	2
Belém (PA)	0	0	0	0	0	0	0
Fortaleza (CE)	7	7	7	7	0	0	0
Imbituba (SC)	10	10	10	10	0	0	0
Itajaí (SC)	6	6	6	6	0	0	0
João Pessoa (PB)	0	0	0	0	0	0	0
Rio de Janeiro (RJ)	0	0	0	0	0	0	0
Salvador (BA)	12	12	12	12	0	0	0
Santarém (PA)	0	0	0	0	0	0	0
São Luís (MA)	0	0	0	0	0	0	0
Vitória (ES)	108	108	108	108	0	0	0
Total	27.406	37.992	37.992	37.992	10.586	10.586	10.586

Fonte: elaborado pelo autor

Quanto às exportações do etanol, ressalta-se a predominância dos embarques através dos portos de Santos e Paranaguá, reforçando as perspectivas do impacto derivado do projeto dutoviário da Uniduto, que tende a ampliar os volumes direcionados para o Porto de Santos no cenário FC-PL. Veja resultados da Tabela 4.27.

Tabela 4.27 - Exportação de etanol por porto de embarque nos cenários AR, R-PL, FI-PL, FC-PL e variações das quantidades em relação ao cenário AR (mil metros cúbicos)

Porto	Exportação de Etanol (10 ³ m ³)				Variação da Exportação (10 ³ m ³)		
	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)	(2)-(1)	(3)-(1)	(4)-(1)
Santos (SP)	1.409	6.474	7.672	9.032	5.065	6.263	7.623
Paranaguá (PR)	351	5.308	6.003	4.822	4.957	5.652	4.472
São Luís (MA)	0	1.175	0	0	1.175	0	0
Vitória (ES)	6	890	6	6	885	0	0
Ilhéus (BA)	0	9	180	0	9	180	0
Santarém (PA)	0	2	0	0	2	0	0
Fortaleza (CE)	0	2	0	0	2	0	0
João Pessoa (PB)	5	5	5	5	0	0	0
Belém (PA)	0	0	0	0	0	0	0
Imbituba (SC)	0	0	0	0	0	0	0
Itajaí (SC)	1	1	1	1	0	0	0
Maceió (AL)	131	131	131	131	0	0	0
Natal (RN)	0	0	0	0	0	0	0
Recife (PE)	2	2	2	2	0	0	0
Rio de Janeiro (RJ)	0	0	0	0	0	0	0
Salvador (BA)	0	0	0	0	0	0	0
Total	1.906	14.000	14.000	14.000	12.094	12.094	12.094

Fonte: elaborado pelo autor

Os dados reunidos na Tabela 4.28 e na Tabela 4.29 corroboram a tendência de ampliação do potencial de transporte de açúcar e etanol através das modalidades ferroviárias, hidroviárias e dutoviárias nos cenários FI-PL e FC-PL; tal processo é decorrente da incorporação dos projetos intermodais na rede de transportes. Note-se que a participação de cada modal na produção total de transportes em TKU revela bastante semelhança em relação aos resultados observados na classe de cenários com projeção parcial das demandas futuras.

Particularmente no caso do etanol, cabe reforçar que o sistema hidrodutoviário correlato ao projeto Uniduto atrai grande volume de etanol, revelando potencial de captação de aproximadamente 16 mil m³ no cenário FC-PL.

AS informações desagregadas por microrregião de oferta, transbordo, modalidade de transporte e microrregião de consumo, correspondentes aos cenários R-PL, FI-PL e FC-PL são apresentados no Anexo B.

Tabela 4.28 - Quantidade de açúcar movimentada por modalidade de transporte nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil toneladas) e participação percentual de cada modal na matriz de transporte de cargas (TKU)

Modalidade	Açúcar por modalidade (10 ³ t)				Açúcar por modalidade (% tku)			
	AR	R-PL	FI-PL	FC-PL	AR	R-PL	FI-PL	FC-PL
Rodoviário	28.788	31.013	31.075	1.788	75,2%	78,6%	52,0%	52,3%
Ferroviário	9.200	19.230	19.094	47.524	24,8%	21,4%	45,2%	44,6%
Hidroferroviário	0	857	930	1.787	0,0%	0,0%	2,8%	3,1%
Dutoviário	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hidrodutoviário	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hidroviário	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Total	37.988	51.099	51.099	51.099	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 4.29 - Quantidade de etanol movimentada por modalidade de transporte nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil metros cúbicos) e participação percentual de cada modal na matriz de transporte de cargas (TKU)

Modalidade	Etanol por modalidade (10 ³ m ³)				Etanol por modalidade (% tku)			
	AR	R-PL	FI-PL	FC-PL	AR	R-PL	FI-PL	FC-PL
Rodoviário	25.276	65.414	58.413	53.447	91,5%	96,3%	64,4%	61,0%
Ferroviário	2.100	13.927	20.257	10.330	8,5%	3,7%	35,1%	27,0%
Hidroferroviário	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Dutoviário	0	0	0	10.163	0,0%	0,0%	0,0%	7,1%
Hidrodutoviário	0	0	0	5.402	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%
Hidroviário	0	0	671	0	0,0%	0,0%	0,5%	0,1%
Total	27.376	79.340	79.340	79.340	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor

As economias derivadas da ampliação da captação de cargas através das alternativas intermodais podem ser avaliadas através da comparação dos custos médios de transporte, conforme resultados apresentados na Tabela 4.30.

Note-se que o custo de transporte de açúcar observado no cenário FC-PL diminuiu em relação ao cenário R-PL, baixando de R\$ 65,59 por tonelada de açúcar para R\$ 57,82 por tonelada. No caso do etanol, o valor médio cai de R\$ 57,10 por metro cúbico para R\$ 53,38 por metro cúbico. Considerando as quantidades transportadas no cenário FC-PL, as economias totais ocasionadas pela diminuição dos custos de transporte seria aproximadamente R\$ 149 milhões no caso do açúcar e R\$ 295 milhões para etanol, que resultam em ganho total de R\$ 444 milhões por safra – corresponde a diminuição de 6% no custo médio de frete do setor sucroalcooleiro. Esse valor deve ser interpretado como

benefício econômico direto para o setor proporcionado pelos projetos de expansão da malha intermodal, considerando as projeções plenas da demanda e exportações para 2020/2021.

Tabela 4.30 - Custos de transporte médios observados nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL

	Custo Açúcar (R\$/t)	Custo Etanol (R\$/m ³)	Total ¹ (R\$/t)
AR	R\$ 65,59	R\$ 50,14	R\$ 59,12
R-PL	R\$ 60,74	R\$ 57,10	R\$ 58,52
FI-PL	R\$ 58,12	R\$ 54,74	R\$ 56,06
FC-PL	R\$ 57,82	R\$ 53,38	R\$ 55,12

¹Para conversão do valor do frete de R\$/m³ para R\$/t adotou-se a densidade de 0,82 t/m³ de etanol

Fonte: elaborado pelo autor

A Tabela 4.31 apresenta os excedentes e os *déficits* do balanço de oferta e demanda em cada unidade da federação.

Note-se que no cenário atual restrito AR os estados de SP, PR, AL, MG, MS, PE e MT abrangem as principais regiões com excedente exportável de açúcar. Já os estados do RJ, RS, BA, PA, CE, AM e MA correspondem às regiões que absorveram a maior parte dos fluxos interestaduais desse produto.

Em relação aos saldos de etanol observados nos cenários futuros ressaltam-se os acréscimos do excedente exportável nos estados de SP, MS, GO, TO, MT e AL. Também cabe mencionar sobre PR, BA e PI que passam da condição de importadores no cenário AR para regiões com excedente nos cenários FI-P e FC-P.

Tal comportamento reflete o ganho de competitividade dos corredores de transporte Norte de Nordeste derivado dos projetos de expansão da malha ferroviária. Contudo, é importante frisar sobre a significativa expansão do excedente de açúcar nos estados de SP, PR, MS e GO, que sinaliza acirrada competitividade logística dessas regiões e conseqüente potencial para atrair grande parte dos investimentos direcionados para expansão da oferta de cana-de-açúcar nos próximos anos.

Ao avaliar o excedente gerado de etanol ressaltam-se SP, MS, GO, TO, MT, AL e MA. Ademais, note-se que PR, BA, TO e PI deixam a condição de consumidores de etanol no cenário atual e tornam-se importantes exportadores do produto nos cenários futuros.

Tabela 4.31 – Exportação líquida de açúcar e etanol em cada estado nos cenários AR, R-PL, FI-PL e FC-PL (mil toneladas)

Açúcar					Etanol				
UF	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)	UF	AR (1)	R-PL (2)	FI-PL (3)	FC-PL (4)
SP	20391	26798	25327	25747	SP	2274	7191	7971	8291
PR	2450	4610	3979	3363	MS	1599	7591	8374	8574
AL	2395	2370	2370	2370	GO	1587	6150	5150	4410
MG	2119	2477	2477	2477	MG	1098	-58	-58	-258
GO	1521	1452	1452	1616	AL	599	538	538	538
MS	1231	1208	1838	1838	MT	262	923	920	920
PE	1039	964	964	964	PB	58	-378	-378	-378
MT	312	380	380	412	SE	11	-266	-266	-266
PB	56	26	26	26	TO	7	1601	1601	1601
RN	49	20	20	20	AC	-8	-86	-86	-86
SE	-17	-41	-41	-41	ES	-41	-723	-723	-723
AC	-23	-29	-29	-29	MA	-45	366	506	506
PI	-44	-65	-65	-65	RN	-46	-333	-333	-333
RO	-52	-64	-64	-64	PI	-49	184	184	184
TO	-53	144	144	144	RO	-144	-392	-392	-392
ES	-163	-14	-14	-14	PA	-145	-645	-645	-645
MA	-188	395	185	185	PE	-186	-857	-857	-857
AM	-195	-247	-247	-247	AM	-202	-476	-476	-476
CE	-296	-368	-368	-368	CE	-362	-1208	-1208	-1208
PA	-316	-397	-397	-397	RS	-530	-2589	-2589	-2589
BA	-414	930	2610	2610	BA	-896	2176	1056	1056
RS	-637	-580	-580	-580	PR	-930	3463	3883	4303
RJ	-1039	-1108	-1108	-1108	RJ	-1383	-3328	-3328	-3328

Fonte: elaborado pelo autor

A origem e destino dos fluxos de transporte inter-regionais alocados pelo modelo de otimização é uma informação importante para avaliar as regiões potenciais de consumo do excedente produtivo das regiões com oferta superavitária. Nesse sentido, os Quadros 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 apresentam a matriz Origem-Destino dos fluxos estaduais de açúcar e etanol projetados para 2020/2021, tanto no mercado doméstico como relativos às exportações.

Em relação à transferência do produto açúcar para abastecimento do mercado doméstico merecem destaque as movimentações entre MG e RJ, entre MS e RS, entre SP e PR, entre SP e RJ.

Em relação aos fluxos interestaduais de exportação de açúcar, destacaram-se as quantidades transferidas entre MG e SP, MS e SP, entre MS e PR, entre GO e SP, e entre SP e PR.

Migrando para análise das transferências de etanol, as recomendações a distribuição dos fluxos desse produto para suprimento do mercado interno exibiram fluxos relevantes entre BA e ES, BA e PE, BA e SE, AL e SE, GO e DF, GO e MG, GO e MA, MG e RJ, MS e SP, MS e RJ, MS e SC, MS e RS, MT e AM, MT e RO, PR e SC, PR e RS, SP e RJ, SP e SC, SP e PR, MA e CE, MA e RN, MA e PI, TO e CE, TO e MA, TO e PA, conforme informações do Quadro 4.4.

Em termos de exportação, chamou a atenção os embarques originados em MS para os portos paulistas e entre SP e PR, vide Quadro 4.5.

UFO/UFD	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
AC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL	-	129	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	10	107	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-	-
AM	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	-	-	-	-	654	75	-	46	-	-	-	-	-	-	-	25	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ES	-	-	-	-	-	-	-	261	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GO	-	-	-	-	-	152	143	-	353	110	124	-	-	-	-	-	-	-	171	-	-	-	-	-	-	12	66
MA	-	-	-	25	-	85	-	-	-	134	-	-	-	136	-	-	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	1.249	-	-	-	-	-	-	-	481	-	-	-	-	-	-	27	-
MS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	15	-	-	-	-	18	-	-	-	-	580	158	-	36	-
MT	29	-	247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	151	51	-	-	-	-	-	-	64	19	-	-	-	1	-
PA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-	-	-	-	49	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-
PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98	251	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	454	-	-	-	-	-	371	-	10	-
RJ	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	327	-	-	-	-	-	-	-	-
RN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	-	-	-	-	-	-	-
RO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	0	-	-	-	-	-	237	457	-	-	-	-	44	-	3.706	-
TO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 4.2 - Matriz O-D (Origem-Destino) dos fluxos de açúcar por Unidade da Federação correspondente ao cenário FC-PL e mercado doméstico – milhões de toneladas

Fonte: elaborado pelo autor

UFO/UFD	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
AL	-	2.163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	-	-	-	-	2.447	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ES	-	-	-	-	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	838	-
MG	-	-	-	-	-	-	-	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	2.040	-
MS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	349	-	-	-	-	-	-	-	681	-
MT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-
PA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.222	-	-	-	-	-	-	15	-	-
RJ	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RN	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-
SE	-	16	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.998	-	-	-	-	-	-	-	21.074	-

Quadro 4.3 - Matriz O-D (Origem-Destino) dos fluxos de açúcar por Unidade da Federação correspondente ao cenário FC-PL e mercado de exportação em milhões de toneladas

Fonte: elaborado pelo autor

UFO/UF	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO	
AC	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AL	-	378	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-
AM	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BA	-	-	-	-	2.140	-	-	683	-	-	-	-	-	-	-	288	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	-	-
CE	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES	-	-	-	-	-	-	-	241	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GO	-	-	-	-	-	59	2.006	-	2.945	508	1.582	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135	105	-
MA	-	-	-	-	-	294	-	-	-	128	-	-	-	356	-	-	308	-	-	416	-	-	-	-	-	-	-	
MG	-	-	-	-	19	-	-	18	-	-	6.414	-	-	-	-	-	-	-	708	-	-	-	-	-	-	290	-	
MS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.043	35	-	-	-	-	-	1.352	-	-	-	580	-	-	3.936	-	
MT	86	-	469	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.159	-	-	-	-	-	-	-	399	-	-	-	-	-	-	
PA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	288	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	531	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PI	-	-	-	-	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	252	228	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.585	-	-	-	-	2.009	-	-	162	-	
RJ	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	-	-	-	-	-	-	-	-	
RN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	
RO	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	
RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	-	-	-	-	
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	-	-	
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	230	1.296	-	-	-	-	-	-	21.511	-	
TO	-	-	-	98	12	734	-	-	-	360	-	-	-	289	-	-	109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	475	

Quadro 4.4 - Matriz O-D (Origem-Destino) dos fluxos de etanol por Unidade da Federação correspondente ao cenário FC-PL e mercado doméstico – milhões de metros cúbicos

Fonte: elaborado pelo autor

UFO/UFD	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
AL	-	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ES	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	6	-
MG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	-	116	-
MS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.779	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.772	-	-	-	-	-	1	-	-	-
RJ	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.271	-	-	-	-	-	2.633	-	6.095	-

Quadro 4.5 - Matriz O-D (Origem-Destino) dos fluxos de etanol por Unidade da Federação correspondente ao cenário FC-PL e mercado de exportação – milhões de metros cúbicos

Fonte: elaborado pelo autor

Considerando os cenários com projeções parciais do mercado futuro sucroalcooleiro, os resultados da modelagem recomendaram acréscimo total próximo a 607 milhões de toneladas na produção de cana-de-açúcar nacional para atender a demanda interna e exportações de açúcar e etanol projetados para 2020/2021, aumento equivalente a 243 módulos de expansão de 2,5 milhões de toneladas. A indicação das localidades ótimas para expansão da oferta de cana-de-açúcar, da ótica logística, sinalizou aumento de 220 milhões de toneladas na produção dos canaviais do Estado de São Paulo, 79 milhões em Mato Grosso do Sul, 70 milhões no Paraná, 65 milhões em Minas Gerais, 60 milhões na Bahia, 42 milhões em Goiás, 24 milhões no Tocantins, 15 milhões no Maranhão, 8 milhões no Mato Grosso e 7 milhões no Estado do Piauí. Juntas essas regiões absorveram 97% do aumento da oferta de cana sugerido pela modelagem.

No caso dos cenários com projeções plenas da demanda futura, as recomendações envolveram acréscimos da oferta de cana de 287 milhões de toneladas em SP, 102 milhões em MS, 90 milhões no PR, 70 milhões em MG, 65 milhões na BA, 57 milhões em GO, 27 milhões no TO, 20 milhões no MA e 16 milhões de toneladas no MT. Essas quantias correspondem a 97% do acréscimo total nacional de 757 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, equivalente a 303 módulos de expansão.

As indicações do modelo matemático a respeito das regiões mais competitivas para receber os novos plantios de cana-de-açúcar proporcionaram o delineamento de um padrão espacial racional para o avanço da produção de cana sobre novas áreas agricultáveis, da ótica de minimização dos custos logísticos. Portanto, o tipo de resultado gerado é de grande relevância para nortear a marcha de crescimento do setor, e fornece subsídios importantes para a organização dos *players* desse mercado.

Embora os valores de arrendamento de terra no estado de São Paulo sejam mais elevados em relação aos demais estados, a expressiva participação das terras paulistas na recomendação de expansão dos canaviais indica que os ganhos proporcionados pela

competitividade logística e produtividade mais elevada das terras paulistas contrapesam as despesas mais elevadas com arrendamento de terra.

Cabe ressaltar que o estado de São Paulo reúne as áreas mais próximas das principais bases de distribuição de combustível, particularmente, da base de Paulínia, que abriga o mais importante *Hub* de distribuição de combustíveis do país. Ademais, o estado sedia as regiões com elevado consumo de açúcar e o maior porto de exportação de açúcar e etanol, o Porto de Santos.

Ainda se destaca como fator de competitividade logística das áreas paulistas, a maior oferta de infraestrutura rodoviária e maior disponibilidade de alternativas de transporte intermodais. Tais vantagens logísticas seriam ainda revigoradas pelo projeto dutoviário da Uniduto, que quando pronto proporcionará um sistema hidro-dutoviário de baixíssimo custo para a movimentação do etanol produzido no estado.

Com base no exposto, espera-se que grande fração da oferta adicional de cana projetada para 2020/2021 venha reforçar a posição de São Paulo como principal produtor do setor sucroalcooleiro.

Também chamou a atenção os expressivos acréscimos na oferta dos canaviais sugeridos para o Mato Grosso do Sul, revelando que o Estado apresenta elevado potencial para a produção de etanol, e que tais regiões tendem a proporcionar excedente de volumes que seriam transferidos para abastecimento de outros mercados, principalmente, atendendo a demanda das bases de distribuição paulistas, o mercado do Rio de Janeiro e também as bases da Região Sul.

Os resultados do modelo também sugerem que parcela do volume de etanol produzido em São Paulo seja transferida para abastecimento de outros mercados com elevado potencial de consumo, mas que apresentam *déficit* de produção - em particular, o Rio de Janeiro e o mercado de exportação. Esse deslocamento da oferta acaba gerando espaço para importação do combustível originado em outras regiões, com especial participação do excedente do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás no suprimento da demanda paulista.

A expansão canavieira recomendada para o estado do Paraná em grande parte foi convertida em fluxos de etanol para atender o mercado doméstico da Região Sul e para

suprir parcela das exportações. As regiões paranaenses também revelaram grande vocação para fins de exportação de açúcar, o que justifica a elevada participação do Porto de Paranaguá nas exportações do setor.

A respeito do acréscimo da produção de cana sugerido para Minas Gerais, os fluxos de transporte indicam que a produção tende a ser absorvida pelo próprio mercado mineiro, mas também resultou em excedente com potencial de transferência para outras regiões, havendo fluxos de entrega de etanol direcionadas para São Paulo e Rio de Janeiro.

Em relação à expansão dos canaviais na Bahia, aproximadamente metade é destinada para a produção de açúcar e metade para a produção do etanol. No caso do biocombustível os fluxos são absorvidos em grande parte pelo mercado doméstico da região Nordeste e Espírito Santo. Quanto aos fluxos de açúcar, a modelagem sugere elevada entrega no Porto de Ilhéus para atender a demanda internacional do produto. O elevado potencial das terras baianas para fins de expansão da produção de etanol e açúcar pode ser justificado em grande parte pela da Ferrovia de Integração Oeste-Leste, que proverá competitividade logística para o Corredor de Transporte Nordeste e pela proximidade geográfica em relação às principais regiões de consumo de combustíveis do Nordeste.

Os novos canaviais sugeridos para Goiás têm como principal mercado consumidor a própria demanda por etanol, assim como do Distrito Federal. Contudo, o excedente de produção de biocombustível nas terras goianas em 2020/2021 contribuiria também com o abastecimento dos estados de Minas Gerais e São Paulo, havendo fluxos também para a Região Norte e Nordeste.

Quanto ao estado de Mato Grosso, o acréscimo da oferta recomendado para a região deriva em fluxos de açúcar e etanol direcionados para o mercado interno e para suprir as regiões de consumo da Região Norte, mercados que ainda revelam menor potencial de consumo de combustíveis para veículos de ciclo *Otto*.

A oferta adicional de etanol recomendada para TO e MA tem como principal mercado cativo a demanda das bases do Pará e parcela da demanda das bases da Região Nordeste. Já a produção excedente de açúcar foi direcionada em grande parte para exportação através do Porto de Itaqui.

Ao analisar as implicações derivadas das alterações na configuração da malha intermodal de transporte, cabe mencionar que a incorporação dos trechos ferroviários, hidroviários e dutoviários planejados revelou pouca influência no delineamento espacial das áreas recomendadas para expansão da produção de cana-de-açúcar. Todavia, a incorporação das novas alternativas intermodais acarretou alterações na distribuição das quantidades ofertadas dentre as áreas escolhidas para expansão. Tal comportamento é justificável, haja vista que as mudanças na rede intermodal alteram as condições de competitividade logística das regiões escolhidas.

A alocação ótima dos fluxos de transporte de açúcar e etanol demonstram que a infraestrutura atual provê capacidade de transporte insuficiente para captar a totalidade dos fluxos que apresentam potencial de transporte intermodal, portanto os projetos de expansão da malha viária apresentam potencial para captação de maiores volumes de cargas produzidas pelo setor sucroalcooleiro.

Tal lacuna é exposta ao se comparar os resultados do cenário Atual Restrito (AR) com o cenário Atual Não-Restrito (ANR), haja vista que mantidas as condições de oferta o volume embarcado pelas ferrovias salta de 9.000 mil toneladas de açúcar e 2.100 mil metros cúbicos de etanol - quando restringe-se a capacidade de transporte - para 13.499 mil toneladas de açúcar e 3.500 mil metros cúbicos de etanol, caso não sejam limitados os embarques. Esse diferencial indica que os gargalos atuais inibem o embarque ferroviário de 4.449 mil toneladas de açúcar e 1.400 mil metros cúbicos de etanol que apresentam potencial para transporte através das ferrovias, mas acabam sendo movimentados pelas rodovias em razão da limitação do sistema ferroviário.

Os resultados observados sob as condições de demanda dos cenários futuros indicam que os fluxos através de ferrovias e hidrovias crescem de forma acentuada à medida que são incorporados os projetos da Ferrovia Norte-Sul, da Ferrovia Integração Centro-Oeste e Ferrovia de Integração Oeste-Leste na malha intermodal. Os embarques saltam de 2.100 mil metros cúbicos para 17.225 mil metros cúbicos de etanol e migram de 9.200 mil toneladas para 17.325 mil toneladas de açúcar.

Ao considerar também o projeto da Uniduto, o acréscimo na captação de cargas pelas alternativas intermodais revelou-se ainda maior, indicando que o sistema hidro-dutoviário derivado desse projeto apresenta expressivo potencial para movimentação

de etanol. Cabe ainda destacar que houve transferência de grande parcela dos fluxos ferroviários para a modalidade dutoviária devido à competitividade dessa alternativa para fins de movimentação do biocombustível.

O acréscimo dos embarques intermodais nos cenários futuros sugere significativa alteração da matriz de transportes do setor. Em relação às movimentações de açúcar, os resultados correspondentes aos cenários futuros recomendam participação de 45% do modal ferroviário, 52% do modal rodoviário e 3% de alternativas hidro-ferroviárias na produção total de serviços de transporte (TKU). No caso da movimentação de etanol nos cenários futuros, a matriz de transportes ideal revela participação de 61% da modalidade rodoviária, 27% correspondente à alternativa ferroviária e 12% através de alternativas hidro-dutoviárias.

Figura 5.1 - Composição da Matriz de Transportes nos cenários futuros, com a incorporação dos projetos intermodais na malha viária

Fonte: elaborado pelo autor

Considerando as quantidades transportadas nos cenários com projeção parcial da demanda em 2020/2021, as economias totais na conta frete do setor geradas pela incorporação dos novos projetos ferroviários, hidroviários e dutoviários correspondem a R\$ 427 milhões por safra. Esse valor pode ser interpretado como benefício econômico direto para o setor sucroalcooleiro proporcionado pelos projetos de expansão da malha intermodal. O benefício é ainda maior nos cenários com projeção plena da demanda, revelando uma economia potencial de R\$ 444 milhões por safra. O custo unitário médio

de transporte da produção cai de R\$ 59,12 por tonelada para R\$ 55,12 por tonelada em função das alterações na rede intermodal – uma redução de 6,7%.

A amplitude das economias justifica o esforço que importantes *players* do setor vêm alocando para alavancar o transporte ferroviário de açúcar. Para fins de ilustração, cita-se as recentes notícias veiculadas pela mídia especializada a respeito da parceria da Rumo Logística com a América Latina Logística (ALL) buscando direcionar investimentos para adequação e aumento da capacidade de transporte no trecho ferroviário entre Itirapina (SP) e Santos (SP), projeto que recentemente inaugurou o transbordo de Itirapina.

Além dos ganhos econômicos diretos proporcionados pela maior participação de alternativas intermodais no escoamento da produção do setor sucroalcooleiro, da ótica ambiental cabe frisar que a ampliação dos embarques através das ferrovias, dutovias e hidrovias implica diminuição expressiva do consumo energético por unidade de transporte produzida e, conseqüentemente, das emissões líquidas dos gases causadores do efeito estufa. Como as modalidades de transporte ferroviária, hidroviária e dutoviária são mais eficientes em relação à alternativa de transporte rodoviária, o consumo de combustível é menor, assim como a emissão de gás carbônico (CO₂)¹³.

É importante destacar outra externalidade positiva decorrente do maior uso da intermodalidade, que diz respeito à diminuição do tráfego de caminhões nas rodovias brasileiras. É fato que os congestionamentos vêm se tornando corriqueiros ao longo das estradas nas proximidades dos grandes centros urbanos e nas regiões portuárias. Além da elevação dos custos fixos de transporte, esse tipo de gargalo também acarreta aumento do número de acidentes nas rodovias. Dessa forma, a migração dos fluxos de transporte das rodovias para outros modais também contribuiria com a mitigação dos efeitos negativos ocasionados pela intensificação do tráfego de veículos de cargas nas estradas do Brasil.

Espera-se que o processo de expansão do setor sucroalcooleiro ganhe vitalidade à medida que o Governo Brasileiro provenha condições de infraestrutura de transporte

¹³ Vide Pinheiro (2012) para análise mais aprofundada sobre a emissão de gases causadores do efeito estufa decorrentes do uso de cada modalidade de transporte.

adequadas e um sistema logístico de baixo custo. A ineficiência logística é um fator que inibe sobremaneira à expansão da oferta de etanol no país, já que a instalação de novas destilarias depende da capacidade de entrega do biocombustível nas bases de distribuição com preços menores em relação ao preço de paridade - 70% do valor da Gasolina C. Ademais, cabe frisar que o custo de transporte do etanol acumula outro agravante, já que a concentração energética do biocombustível é inferior ao conteúdo energético da gasolina. Em outras palavras, para substituir 1 litro de Gasolina C em determinado mercado é necessário entregar aproximadamente 1,3 litros de Etanol Hidratado, condição que aumenta o peso das despesas com transporte na cadeia de distribuição do biocombustível.

Em relação à distribuição geográfica da oferta futura de açúcar e etanol, o direcionamento de esforços dos agentes do setor para proporcionar um rearranjo espacial racional é um fator de grande relevância para a consolidação de um sistema logístico eficiente e de baixo custo. A distribuição adequada da produção de açúcar e etanol pode trazer ganhos significativos, já que minimiza as distâncias a serem percorridas. Por conseguinte, é primordial que a localização de novos canaviais seja norteada pela racionalidade econômica, com foco na minimização dos custos logísticos e maximização de receita do setor. Com base no exposto, o tipo de resultado apresentado pela modelagem desenvolvida oferece *input* de grande relevância para fins de planejamento espacial da oferta, contribuindo para o direcionamento de novos investimentos e organização do setor como um todo.

Quanto aos tipos de resultados gerado, a ferramenta desenvolvida ao longo da Tese proporciona um método para analisar a distribuição adequada da oferta de açúcar e etanol, para identificar os fluxos com potencial de transporte intermodal, analisar as quantidades que deveriam ser embarcadas através de cada terminal de transbordo, as quantidades direcionadas para cada terminal portuário e as quantidades entregues em cada centróide de destino. Esse tipo de informação é um *input* de grande valia para fins de planejamento do sistema de transporte, já que auxilia na regionalização adequada da oferta e na determinação da configuração da rede intermodal de transportes que minimiza os custos de movimentação.

Também é importante ressaltar que a modelagem desenvolvida envolveu uma série de simplificações e pressupostos de forma que fosse factível representar um ambiente

complexo de tomadas de decisões de agentes do setor privado e público em um modelo. Sendo assim, uma série de critérios que também podem interferir nas decisões de localização acabaram sendo desconsiderados em razão de limitações do método escolhido para atender à finalidade do estudo, além de dificuldades para obtenção de informações com grande detalhamento, segmentação e desagregação. Como exemplo, cabe frisar sobre os aspectos fiscais correlatos à cadeia de valor do etanol e açúcar, haja vista que a estrutura fiscal do país envolve diversificada gama de tarifas que incidem na produção e distribuição desses produtos em cada Estado, especialmente o Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), e que constituem também um fator de grande relevância na decisão quanto à localização de novas unidades. Ademais, outros determinantes, como os custos operacionais, valores de mercado de fretes - rodoviários principalmente - tarifas portuárias, preços de mercado, dentre outros, foram regionalmente diferenciados na medida de disponibilidade de obtenção de dados para o estudo. Dessa ótica, quanto maior o grau de diferenciação dos parâmetros correlatos à decisão de localização, mais precisos serão os resultados do ferramental desenvolvido em relação ao comportamento da cadeia analisada.

Não obstante, as simplificações e agregações necessárias para a condução do trabalho não invalidam os resultados gerados para fins de planejamento do setor sucroalcooleiro, já que o método proporcionou informações de grande relevância para a análise e organização desses mercados considerando um cenário de expansão da oferta de etanol e açúcar no país, além de fornecer *inputs* importantes para fins de políticas públicas voltadas para coordenação das atividades agrícolas no país e também para fins de planejamento da infraestrutura de transporte nacional.

Por fim, toda a análise desenvolvida ao longo do trabalho manifesta o elevado potencial que o país ainda apresenta para expansão do mercado sucroenergético sem a necessidade de avançar sobre terras que envolve regiões da Amazônia Legal, áreas de reserva ou preservação permanente, e sem ocupar demasiadamente as áreas agricultáveis do país. Tal cenário justifica que esforços e recursos do governo sejam direcionados para promover a competitividade do setor, de forma a mitigar os onerosos impactos derivados da política de regulação de preços da gasolina no Brasil, da escassa infraestrutura de transportes e ocasionados pelas distorções fiscais do pesado sistema tributário nacional. Além disso, considerando a viabilidade de ampliação da demanda

doméstica de etanol - um biocombustível renovável, que revela menor impacto ambiental e cuja produção proporciona mais geração de empregos em relação à produção de gasolina - visivelmente seria um contrassenso as políticas do governo eximirem-se ou até contribuírem com as dificuldades que o setor vem passando para vencer a estagnação de investimentos. Tal posicionamento dos agentes públicos seria ainda mais incoerente caso o país venha dispensar volumosos montantes de recursos com a importação de gasolina para suprir o crescimento nacional do consumo de combustíveis para veículos de ciclo *Otto* projetado para os próximos anos, deixando de lado a oportunidade de estimular um setor capaz de fornecer combustíveis a preços tão competitivos quanto o da gasolina e cuja cadeia produtiva vem ganhando notoriedade mundial por ajustar-se em grande parte às diretrizes do desenvolvimento econômico sustentável.

Como possibilidades de trabalhos futuros, sugere-se que o ferramental desenvolvido seja adaptado para incorporar toda cadeia de custos como critério de escolha de novas áreas para implantação de canaviais, buscando uma maior diferenciação dos parâmetros de preços, fretes, custos e produtividade potencial em cada região com aptidão para expansão do plantio de canaviais. Particularmente, traria grande contribuição para os resultados da modelagem a inclusão das tarifas e impostos que recaem sobre o setor produtivo sucroenergético na composição dos custos finais desses produtos.

Outro avanço do método desenvolvido diz respeito a incorporação de diferentes cadeias produtivas, como por exemplo o complexo soja, milho, outros grãos e o complexo de celulose no rol de culturas que competem pelo uso da terra no Brasil, haja vista que essas cadeias concorrem entre si pelo uso de áreas agricultáveis e contribuem com a composição dos fluxos de cargas agrícolas que podem compartilhar da mesma infraestrutura de transportes. Dessa forma, o método propiciaria um panorama mais holístico dos fluxos de carga e da interação de diferentes culturas na ocupação das áreas com aptidão agrícola.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTIONS DE PRÉPARATION, D'ACCOMPAGNEMENT ET DU SUIVI – APAS. **Transport strategic modelling**. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities, 1996, 171 p.

ADIMINISTRAÇÃO DA HIDROVIA DO PARANÁ – AHRANA. **Dados e Informações**. Disponível em: <<http://www.ahrana.gov.br/paginas.php/page.aspx?p=cf88fc54-20f8-4c53-9055-6817adc41e13>>. Acesso em: 18 out. 2010.

ADMINISTRAÇÃO DA HIDROVIA DO PARANÁ – AHRANA. **Dados e Informações**. Disponível em: <http://www.ahrana.gov.br/dados_informacoes.html>. Acesso em: 18 fev. 2012.

AGÊNCIA ESTADO. Economia & Negócios. **Queda de Produção em Campos preocupa governo**. Disponível em: <www.estadao.com.br>. Acesso em: 15 out. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO - ANP. **Dados estatísticos**. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 15 ago. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO – ANP. **Sistema de levantamento de preços**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/preco/>>. Acesso em: 24 abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO – ANTAQ. **Estatísticas da Navegação Interior**. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/Estatisticas_NavInterior.asp>. Acesso em: 14 mai. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias - Ano 2007**. Disponível em: www.antt.gov.br. Acesso em: 20 de Set. de 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Balanco do Programa de Aceleração do Crescimento – 8º Balanco**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/pac/relatorios/nacionais/8o-balanco/parte-2a-infraestrutura-logistica>>. Acesso em: 10 mai. de 2010b.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias - Ano 2011**. Disponível em: <www.antt.gov.br>. Acesso em: 10 mai. de 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO-ANP. **Dados estatísticos**. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 15 fev. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Sistema de levantamento de preços**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/preco/>>. Acesso em: 24 abr. 2012b.

AHUJA, R.K. **Network flows: theory, algorithms, and applications**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1993, 846 p.

ANDRIOLLI, M. **Análise de viabilidade econômico-financeira de alcoodutos no Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ANUÁRIO DA CANA. **Anuário da Cana 2010**. Disponível em: < <http://www.jornalcana.com.br/Anuario-Cana/HOME>> Acesso em: 10 nov. 2010.

ANUÁRIO DA CANA. **Anuário da Cana 2011**. Disponível em: < <http://www.jornalcana.com.br/Anuario-Cana/HOME>> Acesso em: 12 set. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS RODOVIÁRIAS – ABCR. **Relatório Anual 2008**. Disponível em: <www.abcr.org.br>. Acesso em: 12 set. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS RODOVIÁRIAS – ABCR. **Setor em números**. Disponível em: <www.abcr.org.br>. Acesso em: 12 mai. 2012.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006. 5. ed. 616p.

BARTHOLOMEU, D. B. **Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras**. Tese (Doutorado) - Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Projeções do Agronegócio 2009/2010 a 2019/2020**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acessado em: 01 out. 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar**. 2010. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 02 set. 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Plano Nacional de Logística e Transportes**. Disponível em: <www.transportes.gov.br>. Acesso em: 02 jun. 2012.

CASTRO, N. J.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G. A. Importância e Perspectivas da Bioeletricidade Sucroenergética na Matriz Elétrica Brasileira. In: SOUSA, E. L. L.; MACEDO, I. C. (Org.) **Etanol e Bioeletricidade. A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010, 314 p.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Indicadores de Preços**. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 19 mar. 2012.

CENTRO DE ESTUDOS EM LOGÍSTICA - CEL/COPPEAD. **Transporte de cargas no Brasil: Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 21 set. 2006.

CITRON, B. **Avaliação Crítica do Programa de Concessões Rodoviárias no Brasil: Estudo do lote 5 da segunda etapa do Programa Federal**. Monografia (Bacharelado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Corredores de Escoamento da Produção Agrícola**. Brasília, CONAB, 2005, 57 p. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em 20 jun. 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES - CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2009**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 15 set. 2012.

CRAINIC, T.G.; FLORIAN M. **Strategic planning of freight transportation in Brazil: methodology and applications**. Quebec: Universidade de Montreal, Centre de recherché sur les transports. 1989. p. 638-642.

CRAINIC, T.G.; FLORIAN, M.; LEAL, J.E. A model for the strategic planning national freight transportation by rail. **Transportation Science**, Hanover, v. 24, n. 1, p. 1-24, 1990.

CRAINIC, T.G.; FLORIAN, M.; LEAL, J.E. **A model for the strategic planning national freight transportation by rail**. Transportation Science, Hanover, v. 24, n. 1, p. 1-24, 1990.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Cenários para Exportação de Etanol para os Estados Unidos. Nota Técnica, 2010**. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acessado em: 01 out. 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Cadernos de Energia – Perspectivas para o etanol no Brasil**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Petroleo/Paginas/Estudos_28.aspx?CategoriaID=>>. Acessado em: 12 out. 2010b.

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. – VALEC. **Concessões ferroviárias da VALEC**. Disponível em: <<http://www.valec.gov.br/valec.htm>>. Acesso em 07 jul. 2012.

ENKE, S. Equilibrium among Spatially Separated Markets: Solution by Electric Analogue. **Econometrica**, v. 19, n. 1, p. 40-47, 1951.

EUROPIAN COMISSION. **Trends in Global CO₂ Emissions – 2012 Report**. Disponível em: <<http://edgar.jrc.ec.europa.eu/CO2REPORT2012.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2012.

FERNANDEZ, L.J.E.; DE CEA, J.C.; SOTO, O. A. A multi-modal supply-demand equilibrium model for predicting intercity freight flows. **Transportation Research Part B**, v. 37, n. 37, p. 615-640, 2004.

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**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

FRIESZ, T. L.; TOBIN, R. L.; HARKER, P. T. **Predictive intercity freight network models: the state of the art**. Transportation Research Part A, v.17 , n. 6, p. 409-417, Nov. 1983.

FRIESZ, T.L.; HARKER, P.T. Multicriteria spatial price equilibrium network design: theory and computational results. **Transportation Research Part B**, v. 17B, n. 5, p. 411-426, Oct. 1983b.

FRIEZ, T.L.; GOTTFRIED, J.; MORLOK, E.K. **A freight network equilibrium model.** Philadelphia, University of Pennsylvania, 1981. 89 p. Relatório Técnico CUE-FNEM-1981-8-1.

FRISCHTAK, C.R. **O Investimento em Infra-Estrutura no Brasil: Histórico Recente e Perspectivas.** Pesquisa e Planejamento Econômico, v.38, n.2, p.307-348, 2008.

GARRIDO, J. Mais Cargas Sobre os Mesmos Trilhos. **Valor Setorial Ferrovias**, p. 7-12, set. 2006. Disponível em: <<http://www.antf.org.br>>. Acesso em: 12 nov. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática.** Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 jul. 2010.

JANK, M. S.; Uma matriz de combustíveis para o Brasil. In.: SOUSA, E. L. L.; MACEDO, I. C. (Org.) **Etanol e Bioeletricidade. A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética.** São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010. 314 p.

KARL, A.; TAUEBER, R. C. Spatial Equilibrium Models of the Livestock-Feed Economy. **The American Economic Review**, v. 45, n. 4, p. 584-608, 1955.

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**, v. 65, p. 730-37, 1976.

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**, v. 46, p. 94-108, 1964.

LABYS, W. C.; YANG, C. W. Spatial Price Equilibrium as a Foundation to Unified Spatial Commodity Modeling. **Regional Science**. v. 76, n. 2, p. 199-228, 1997.

LACERDA, S. M. Logística Ferroviária do Porto de Santos: A Integração Operacional da Infra-Estrutura Compartilhada. **Revista do BNDES**. Rio de Janeiro, v. 12, n. 24, p. 189-210, 2005.

LOPES, R. L.; CAIXETA FILHO, J. V. Suinocultura no Estado de Goiás: Aplicação de um Modelo de Localização. **Pesquisa Operacional**, v. 20, n. 2, p. 213-232, 2000.

LÖSCH, A. **The Economics of Location.** New Haven: Yale University Press, 1954.

MILANEZ, Y. A.; NYCO, D.; GARCIA, J. L. F.; XAVIER, C. E. O. Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. **BNDES Setorial**, v. 31, p. 49-98, 2009.

MILANEZ, A. Y.; DIEGO, N.; GARCIA, J. L. F.; SOARES DOS REIS, B. L. S. F.. O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política. **BNDES Setorial**, n. 35, p. 277-302. 2011.

NUNES, P. B. **Caracterização Logística do Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar no Centro-Sul do Brasil. 2010.** Monografia (Bacharelado). Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, A. M. K. e CAIXETA FILHO, J. V. Potencial da logística ferroviária para exportação de açúcar em São Paulo: recomendações de localização para armazéns intermodais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Piracicaba: v. 45, n.4, p. 823-853, 2007.

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

OLIVEIRA, J. C. **Análise do Transporte de Soja, Milho e Farelo de Soja na Hidrovia Tietê-Paraná**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

PINHEIRO, M. A. **Estimativa da redução das emissões gases de efeito estufa através da intermodalidade no setor sucroenergético: uma aplicação de programação linear**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

POLOPULOS, L. Optimum Plant Numbers and Locations for Multiproduct Processing. **Journal of Farm Economics**. v. 47, n. 2, p. 287-295, 1965.

PUU, T. **Mathematical Location and Land Use Theory**. New York: Springer-Verlag, 1997. 362 p.

SAMUELSON, P.A. Spatial price equilibrium and linear programming. **American Economic Review**, Stanford, v. 42, n.3, p. 283-303, 1952.

SCHUMAHER, L. M. **Manutenção e reposição do equilíbrio econômico financeiro dos contratos de concessões de rodovias: avaliação das revisões e reajustes de tarifas no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR. **Dados estatísticos**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2012.

SETTEN, A. M. **Infraestrutura logística de exportação de açúcar e etanol no Centro-Sul do Brasil**. Monografia (Mestrado Profissional em Agroenergia) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010.

SOARES, M. G.; CAIXETA FILHO, J.V. **Caracterização e custo do transporte rodoviário de cargas agrícolas**. Piracicaba, ESALQ, DESR, 1996, 41 p.

STOLLSTEIMER, J. F. A Working Model for Plant Numbers and Locations. **Journal of Farm Economics**, v. 45, n. 3, p. 631-645, 1963.

TAKAYAMA, T.; JUDGE, G.G. Equilibrium among spatially separated markets: a reformulation. **Econometrica**, New York, v. 32, n. 4, p. 510-524, 1964.

TOKARSKI, A. **Hidrovias Brasileiras**. 22º Encontro Nacional de Entidades Portuárias e Hidroviárias – ENEPH. 22 janeiro de 2007. Maceió.

TOWNROE, P. M. Locational Choice and the Individual Firm. **Regional Studies**, v. 3, p. 15-24, 1969.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Dados estatísticos**. Disponível em: <www.unica.com.br>. Acessado em: 10 set. 2011.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR-UNICA. **Unicadata**. Disponível em: <www.unica.com.br>. Acesso em: 10 set. 2012.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA – UDOP. Processo Industrial da cana-de-açúcar. Disponível em: <www.udop.com.br>. Acesso em: 18 jul. 2012.

VALOR ONLINE. **MRS Pretende Triplicar sua Capacidade até Santos**. Disponível em: <<http://www.valoronline.com.br>>. Acesso em: 20 Set. 2010.

VIANNA, G. O. **Mito do rodoviarismo brasileiro**. Brasília: NTC&LOGISTICA, 2007, 49 p. Disponível: <em www.ntcelogistica.org.br/.../tecnico_downloads>. Acesso em 05 ago 2010.

WEBER, A. A. **Theory of the Location of Industries**. Chicago: University of Chicago Press, 1929.

XAVIER, C. E. O. **Localização de tanques de armazenagem de álcool combustível no Brasil: aplicação de um modelo matemático de otimização**. Dissertação (Mestrado em economia aplicada). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

ZUCCHI, J. D. **Modelo locacional dinâmico para a cadeia agroindustrial da carne bovina brasileira**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ANEXOS

ANEXO A

A1 – Modelo matemático de otimização desenvolvido na linguagem GAMS. Arquivo de entrada do software.

```
$INLINECOM /* */
$OFFLISTING
$OFFSYMXREF OFFSYMLIST
$ONEMPTY
```

SETS

O	ORIGENS
D	DESTINO
UFO	ESTADOS DAS ORIGENS
UFD	ESTADOS DOS DESTINOS
T	TRANBORDO
M	MODALIDADE DE TRANSPORTE
P	PRODUTO
CA	CANAL DE COMERCIALIZACAO (INTERNACIONAL OU DOMESTICO)
PD(D)	PORTOS DE DESTINO
OUF(O,UFO)	COMBINACOES POSSIVEIS ORIGEM-UF
DUF(D,UFD)	COMBINACOES POSSIVEIS DESTINO-UF
ON(O)	ORIGENS APTAS PARA EXPANSAO DA OFERTA DE CANA
OT(O,T)	COMBINACOES FACTIVEIS ENTRE ORIGEM E TRANSBORDO DE EMBARQUE
TD(T,D)	COMBINACOES FACTIVEIS ENTRE OS TRANSBORDOS DE DESEMBARQUE E DESTINO
TT1(T,T,M)	COMBINACOES FACTIVEIS ENTRE OS TRANSBORDOS PARA CADA MODALIDADE
OD(O,D)	COMBINACOES FACTIVEIS ENTRE ORIGEM E DESTINO
OSU(O)	ORIGENS ONDE JA EXISTEM USINAS
TI	TIPO TECNOLÓGICO DA USINA - DESTILARIA OU MISTA

ALIAS (T,T1);

PARAMETERS

EXPORTUF(UFO,P)	EXPORTACAO ESTADUAL
EXPORTP(D,P)	EXPORTACAO POR PORTO
EXPORTPB(D,P)	EXPORTACAO MAXIMA POR PORTO
PRO(O,P)	PRODUCAO ASSOCIADA AO CENTRÓIDE DE CARGA O DO PRODUTO P
PROM(O)	PRODUCAO MAXIMA DE CANA DE ACUCAR ASSOCIADA AO CENTRÓIDE DE CARGA O
DEM(D,P)	DEMANDA ASSOCIADA AO CENTRÓIDE DE DEMANDA D
CAPT(M,P)	CAPACIDADE DE EMBARQUE DO TRANSBORDO
ET(P)	EXPORTACAO TOTAL POR PRODUTO
CET (P)	CRESCIMENTO DA EXPORTACAO TOTAL POR PRODUTO
CMCA(P)	QUANTIDADE DE CANA-DE-ACUCAR PARA PRODUZIR 1 T DE ACUCAR OU 1 M3 DE ETANOL
PREC (D,P)	PRECO DO PRODUTO P NO DESTINO D NO MERCADO DOMESTICO
DMAX (D,P)	DEMANDA MAXIMA POR DESTINO
PRECINT(D,P)	PRECO DO PRODUTO P NO DESTINO D NO MERCADO INTERNACIONAL
FOMAX(P)	EXPORTACAO MAXIMA DO PRODUTO P
FOMIN(P)	EXPORTACAO MINIMIA DO PRODUTO P
DOMEST(P)	DEMANDA TOTAL DO MERCADO DOMESTICO
CDOMEST(P)	CRESCIMENTO PROJETADO DA DEMANDA TOTAL DO MERCADO DOMESTICO
CEN(P)	FRACAO DO CRESCIMENTO PROJETADO ADOTADA EM CADA CENARIO
PRODT(O)	CUSTO DA CANA EM CADA ORIGEM - PRECO DE ARRENDAMENTO \ PRODUTIVIDADE
DESC(M,P)	DESCONTO APLICADO NO FRETE DA MODALIDADE INTERMODAL
FMCA(P)	FRACAO MAXIMA DOS FLUXOS DOMESTICOS NAS ALTERNATIVAS INTERMODAIS
EM(UFO,P)	EXPORTACAO MAXIMA POR ESTADO DE ORIGEM
ICMAC (P)	INDICE PARA CONVERCAO DA QUANTIDADE DO PRODUTO P EM EQUIVALENTE DE CANA
TAMMIN (P)	TAMANHO DO MUDULO DE EXPANSAO DE CANA;

\$CALL GDXXRW.EXE DADOS_SET.XLSX INDEX=LEITURA!A2

\$GDXIN DADOS_SET.GDX

\$LOAD O UFO D UFD P T TI M CA PD OUF DUF ON OSU

\$GDXIN

```

$CALL GDXXRW.EXE DADOS_ENTRADA_PARAMETROS.XLSX INDEX=LEITURA!A2
$GDXIN DADOS_ENTRADA_PARAMETROS.GDX
$LOAD EXPORTUF EXPORTP EXPORTPB PRO DEM CAPT PROM ET FOMAX FOMIN CMCA DOMEST CDOMEST PREC PRECINT DMAX PRODT DESC FMCA EM
CEN TAMMIN ICMAC CET
$GDXIN

```

```

$CALL GDXXRW.EXE COMBINACOES.XLSX INDEX=LEITURA!A2
$GDXIN COMBINACOES.GDX
$LOAD OD OT TD TT1
$GDXIN

```

```

PARAMETER FTTF(T,T1,M,P)    FRETE ENTRE TRANSBORDOS PARA CADA MODALIDADE;
PARAMETER FOT(O,T,P)        FRETE RODOVIARIO ENTRE CENTRÓIDES DE ORIGENS E TRANSBORDOS;
PARAMETER FTD(T1,D,P)       FRETE RODOVIARIO ENTRE TRANSBORDOS E CENTRÓIDES DE DESTINOS;
PARAMETER FOD (O,D,P)       FRETE RODOVIARIO ENTRE CENTRÓIDES DE ORIGENS E DESTINOS;

```

```

$CALL GDXXRW.EXE FRETES_REV_E.XLSX INDEX=LEITURA!A2
$GDXIN FRETES_REV_E.GDX
$LOAD FTTF FOT FTD FOD
$GDXIN

```

```

VARIABLES
R(O,UFO,D,UFD,CA,P)        FLUXO RODOVIARIO DIRETO ENTRE ORIGEM E DESTINO EM CADA CANAL DE COMERCIALIZACAO
PR(O,UFO,T,CA,P)           FLUXO NA PERNA RODOVIARIA ENTRE ORIGEM E TRANSBORDO EM CADA CANAL DE COMERCIALIZACAO
IM(T,T1,M,CA,P)            FLUXO INTERMODAL DE TRANSPORTE EM CADA MODAL E CADA CANAL DE COMERCIALIZACAO
PRD(T1,D,UFD,CA,P)         FLUXO NA PERNA RODOVIARIA ENTRE TRANSBORDO E DESTINO EM CADA CANAL DE COMERCIALIZACAO
OBJ                          OBJETIVO CUSTO
OBJR                         OBJETIVO CUSTO REAL
E(UFO,P)                    VARIABEL COMPENSATORIA EXPORTACAO POR ESTADO

```

EP(D,P)	VARIAVEL COMPENSATORIA POR PORTO
POP(O,P)	VARIAVEL COMPENSATORIA PRODUCAO
BINO(O,TI)	VARIAVEL BINARIA PARA ESCOLHA DOS CENTRÓIDES CANDIDATOS DE OFERTA
BINT(T)	VARIAVEL BINARIA PARA RESTRICAO DE MOVIMENTACAO MINIMA POR TRANSBORDO
CF	CUSTO DE FRETE TOTAL
RT	RECEITA TOTAL
CI	CUSTO COM IMPOSTOS
CP	CUSTO DE PRODUCAO
EPP(D,P)	VARIAVEL COMPENSATORIA DE EXPORTACAO POR PORTO
FLO(O,UFO,P)	FLUXO POR ORIGEM O
FLUF (UFO,P)	FLUXO POR ESTADO UF
ETOT(P)	EXPORTACAO TOTAL DO PRODUTO P
CCANA	CUSTO DA CANA
POPE(O,P)	VARIAVEL COMPENSATORIA
POPEMIN(O,P)	VARIAVEL COMPENSATORIA
POPM(O)	VARIAVEL COMPENSATORIA
POPMB(O)	VARIAVEL COMPENSATORIA
POPMC(O)	VARIAVEL COMPENSATORIA
COMPFUFMAX(UFO)	VARIAVEL COMPENSATORIA
COMPEPMIN(D,P)	VARIAVEL COMPENSATORIA
POPEMINB(O,P)	VARIAVEL COMPENSATORIA
ECAN(O)	EQUIVALENTE CANA POR ORIGEM
ECANAC(O)	EQUIVALENTE CANA DA PRODUCAO DE ACUCAR
ECANEH(O)	EQUIVALENTE CANA ASSOCIADA COM MODULO DE EXPANSO DESTILARIA
ECANEHMIST(O)	EQUIVALENTE CANA ASSOCIADA COM MODULO DE EXPANSAO MISTO
LIM(O)	
PROAC(O)	
CFAC	
CFEH	
PROMB(O)	
CAPCOMP(M,P)	
BINT1(T1)	
DEMP(D,P)	

COMPBINT1(T1);

POSITIVE VARIABLE R,PR,IM,PRD,E,POP,EP,EPP,ETOT,BINOCOMP,COMPB,CCANA,POPE,POPM, POPEMIN, COMPFUFMAX,CFAC, CFEH,
 PROMB,DEMP,COMPBINT1
 COMPEPMIN, POPEMINB, POPMB, POPMC, ECANEH, ECANEHMIST,LIM, PROAC, CAPCOMP;
 BINARY VARIABLE BINT,BINP,BINT1;
 INTEGER VARIABLE BINO;

EQUATIONS

OBJETA	FUNCAO OBJETIVO COM VARIAVEIS DE AJUSTE DE OFERTA E DEMANDA
RECEITAA	RECEITA GERADA PELA SOMATÓRIA DOS FLUXOS COMERCIAIS DOS PRODUTOS P
OBJETR	FUNCAO OBJETIVO REAL
PRODUCAO	RESTRICAO DE PRODUCAO MINIMA POR CENTRÓIDE DE OFERTA DE CARGA
PRODUCAOM	PRODUCAO MAXIMA POR CENTRÓIDE DE OFERTA DE CARGA
PRODUCAOMA	PRODUCAO MAXIMA DAS AREAS APTAS PARA EXPANSAO EM 60% DA AREA
PRODUCAOMB	PRODUCAO MAXIMA PARA OS CENTRÓIDES FUTUROS DE OFERTA DE CARGA
DEMANDA	RESTRICAO DE DEMANDA POR CENTRÓIDE DE ATRACAO DE CARGA
CONT1	CONTINUIDADE DOS FLUXOS EM CADA TRANSBORDO EM CADA CANAL DE COMERCIALIZACAO
CONT2	CONTINUIDADE DOS FLUXOS EM CADA TRANSBORDO EM CADA CANAL DE COMERCIALIZACAO
EXPORTACAOUF	RESTRICAO DE EXPORTACAO ESTADUAL
EXPORTACAO P	RESTRICAO DE EXPORTACAO MINIMA POR PORTO
EXPORTACAO P B	RESTRICAO DE EXPORTACAO MAXIMA POR PORTO
CAPACIDADE	CAPACIDADE DO TERMINAL DE EMBARQUE
FLUXO	FLUXO DE EXPORTACAO DO PRODUTO P QUE SAI DE DETERMINADA ORIGEM O
FLUXOUF	FLUXO DE EXPORTACAO DO PRODUTO P QUE SAI DE DETERMINADO UF
EXPORTACAO T	EXPORTACAO TOTAL DO PAIS
EMBARM	EMBARQUE MINIMO POR TERMINAL
NUMBINO	NUMERO MAXIMO DE MODULOS DE EXPANSAO PERMITIDO POR ORIGEM
NUMBINOB	NUMERO MAXIMO DE MODULOS DE EXPANSAO
BINARIAT	BINARIA DE ESCOLHA DO TERMINAL DE EMBARQUE ATIVO
EMBARM B	EMBARQUE MAXIMO DO TERMINAL ATIVO
DEMAX	DEMANDA MAXIMA EM D

CUSTOCANA	CUSTO DA CANA
MULTIB	VARIAVEIS DE CONTINUIT
MULTIB2	RESTRICOES DE EMBARQUE INTERMODAL
MULTIC	RESTRICOES DE EMBARQUE INTERMODAL C
DEMTOT	DEMANDA TOTAL NO MERCADO DOMESTICO
EXPORTACAOMINO	EXPORTACAO MINIMA
EXPORTACAOMAXO	EXPORTACAO MAXIMA
PRODUCAOAC	PRODUCAO DE ACUCAR
PRODUCAOEH	PRODUCAO DE ETANOL
EXCANEH	EQUIVALENTE CANA DESTILARIAS
EXCANEHMIST	EQUIVALENTE CANA USINAS MISTAS
ECFAC	QUANTIDADE DOS FLUXOS TOTAIS EM EQUIVALENTE CANA
ECFEH	QUANTIDADE DOS FLUXOS TOTAIS EM EQUIVALENTE ETANOL
EMBARMDB	EMBARQUE MAXIMO POR TERMINAL
BINARIAT1	NUMERO DE BINARIAS DO TERMINAL DE DESEMBARQUE;

OBJETA .. CF =E= SUM((O,UFO,D,UFD,CA,P), R(O,UFO,D,UFD,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D) * FOD(O,D,P)) +
SUM((O,UFO,T,CA,P), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T) * FOT(O,T,P)) +
SUM((T,T1,M,CA,P), IM(T,T1,M,CA,P)\$TT1(T,T1,M) * FTTF(T,T1,M,P) * DESC(M,P)) +
SUM((T1,D,UFD,CA,P), PRD(T1,D,UFD,CA,P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D) * FTD(T1,D,P));

ECFAC('AC') .. CFAC =E= SUM((O,UFO,D,UFD,CA), R(O,UFO,D,UFD,CA,'AC')\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D) * FOD(O,D,'AC'))+
SUM((O,UFO,T,CA), PR(O,UFO,T,CA,'AC')\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T) * FOT(O,T,'AC')) +
SUM((T,T1,M,CA), IM(T,T1,M,CA,'AC')\$TT1(T,T1,M) * FTTF(T,T1,M,'AC') * DESC(M,'AC')) +
SUM((T1,D,UFD,CA), PRD(T1,D,UFD,CA,'AC')\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D) * FTD(T1,D,'AC'));

ECFEH('EH') .. CFEH =E= SUM((O,UFO,D,UFD,CA), R(O,UFO,D,UFD,CA,'EH')\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D) * FOD(O,D,'EH'))+
SUM((O,UFO,T,CA), PR(O,UFO,T,CA,'EH')\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T) * FOT(O,T,'EH')) +
SUM((T,T1,M,CA), IM(T,T1,M,CA,'EH')\$TT1(T,T1,M) * FTTF(T,T1,M,'EH') * DESC(M,'EH')) +
SUM((T1,D,UFD,CA), PRD(T1,D,UFD,CA,'EH')\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D) * FTD(T1,D,'EH'));

RECEITAA .. RT =E= SUM((O,UFO,D,UFD,CA,P), R(O,UFO,D,UFD,'DOMESTICO',P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D) * PREC(D,P))
 + SUM((O,UFO,D,UFD,CA,P), R(O,UFO,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D) * PRECINT(D,P))
 + SUM((T1,D,UFD,P), PRD(T1,D,UFD,'DOMESTICO',P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D) * PREC(D,P))
 + SUM((T1,D,UFD,P), PRD(T1,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D) * PRECINT(D,P));

OBJETR .. OBJR =E= (RT * 0.001 - CF - CCANA) - SUM((D,P), EPP(D,P) * 10000000) - SUM((D,P), EP(D,P) * 10000000) - SUM((D,P), DEMP(D,P) * 10000000)
 - SUM((UFO,P), E(UFO,P) * 10000000) - SUM((P), ETOT(P) * 10000000) - SUM((O), BINOCOMP(O) * 10000000)
 - SUM((O,P), POP(O,P) * 10000000) - (COMPB * 10000000) - SUM((O,P), POPE(O,P) * 10000)
 - SUM(O, POPM(O) * 10000000000000) - SUM((O,P), POPEMIN(O,P) * 100000000) - SUM((UFO), COMPFUFMAX(UFO) * 1000000000)
 - SUM((D,P), COMPEPMIN(D,P) * 1000000000) - SUM((O,P), POPEMINB(O,P) * 1000000000) - SUM(O, POPMB(O) * 100000000)
 - SUM(O, POPMC(O) * 100000000) - SUM(O, LIM(O) * 100000000) - SUM(O, PROAC(O) * 100000000) - SUM(O, PROMB(O) * 100000000)
 - SUM((M,P), CAPCOMP(M,P) * 100000000) - SUM(T1, COMPBINT1(T1) * 100000000000);

CUSTOCANA .. SUM((O,TI), BINO(O,TI) * PRODT(O) * 2500000) + SUM((O,TI), BINO(O,'DEST') * 1 + BINO(O,'MIST') * 1000)
 =E= CCANA;

PRODUCAO(O,P) .. SUM((D,UFO,UFD,CA), R(O,UFO,D,UFD,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((T,UFO,CA), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =G= PRO(O,P) - POP(O,P);

PRODUCAOM(O) .. SUM((UFO,D,UFD,CA,P), R(O,UFO,D,UFD,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D) * CMCA(P)) +
 SUM((UFO,T,CA,P), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T) * CMCA(P)) =L= SUM(P, PRO(O,P) * CMCA(P)) + (PROM(O));

PRODUCAOMA(O) .. 2500000 * SUM(TI, BINO(O,TI)) =L= (PROM(O)* 0.6);

PRODUCAOMB(O) .. SUM((UFO,D,UFD,CA,P), R(O,UFO,D,UFD,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D) * CMCA(P)) +
 SUM((UFO,T,CA,P), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T) * CMCA(P)) =L= SUM(P, PRO(O,P) * CMCA(P)) + (2500000 * SUM(TI, BINO(O,TI)));

EXCANEH(O) .. ECANEH(O) =E= 2500000 * BINO(O,'DEST');

EXCANEHMIST(O) .. ECANEHMIST(O) =E= 2500000 * BINO(O,'MIST');

PRODUCAOEH(O,'EH').. SUM((UFO,D,UFD,CA), R(O,UFO,D,UFD,CA,'EH')\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
SUM((UFO,T,CA), PR(O,UFO,T,CA,'EH')\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =L=
PRO(O,'EH') + ECANEH(O) * ICMAC('EH') + (ECANEHMIST(O) * ICMAC('EH') * 0.3);

PRODUCAOAC(O,'AC').. SUM((UFO,D,UFD,CA), R(O,UFO,D,UFD,CA,'AC')\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
SUM((UFO,T,CA), PR(O,UFO,T,CA,'AC')\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =L=
PRO(O,'AC') + ECANEHMIST(O) * ICMAC('AC') * 0.7 + PROAC(O);

NUMBINO .. SUM((O,TI), BINO(O,TI)) =L= 800;

NUMBINOB(O) .. SUM((TI), BINO(O,TI)) =L=8;

CAPACIDADE(M,P) .. SUM((T,T1,CA), IM(T,T1,M,CA,P)\$TT1(T,T1,M)) =L= CAPT(M,P) + CAPCOMP(M,P);

DEMANDA(D,P) .. SUM((O,UFO,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'DOMESTICO',P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
SUM((T1,UFD), PRD(T1,D,UFD,'DOMESTICO',P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D)) =G= DEM(D,P);

DEMAX(D,P) .. SUM((O,UFO,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'DOMESTICO',P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
SUM((T1,UFD), PRD(T1,D,UFD,'DOMESTICO',P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D)) =L= DMAX(D,P) + DEMP(D,P);

DEMTOT (P) .. SUM((O,UFO,D,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'DOMESTICO',P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
SUM((T1,D,UFD), PRD(T1,D,UFD,'DOMESTICO',P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D)) =E= DOMEST(P) + CDOMEST(P) * CEN(P);

CONT1(T,CA,P) .. SUM((O,UFO), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =E= SUM((T1,M), IM(T,T1,M,CA,P)\$TT1(T,T1,M));

CONT2(T1,CA,P) .. SUM((T,M), IM(T,T1,M,CA,P)\$TT1(T,T1,M)) =E= SUM((D,UFD), PRD(T1,D,UFD,CA,P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D));

EMBARM(T) .. SUM((O,UFO,CA,P), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OT(O,T)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =G= BINT(T) * 200000;
 EMBARMDB(T1) .. SUM((D,UFD,CA,P), PRD(T1,D,UFD,CA,P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D)) =L= BINT1(T1) * 10000000000000000;
 EMBARMB(T) .. SUM((O,UFO,CA,P), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OT(O,T)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =L= BINT(T) * 10000000000000000;
 EXPORTACAOUF(UFO,P).. SUM((O,D,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$PD(D)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((O,T), PR(O,UFO,T,'INTERNACIONAL',P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =G= EXPORTUF(UFO,P) - E(UFO,P);
 EXPORTACAOP(D,P) .. SUM((O,UFO,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$PD(D)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((T1,UFD), PRD(T1,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$PD(D)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D)) =G= EXPORTP(D,P) - EPP(D,P);
 EXPORTACAOPB(D,P) .. SUM((O,UFO,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((T1,UFD), PRD(T1,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$DUF(D,UFD)\$TD(T1,D)) =L= EXPORTPB(D,P);
 FLUXO(O,UFO,P) .. SUM((D,UFD,CA), R(O,UFO,D,UFD,CA,P)\$PD(D)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((T,CA), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =E= FLO(O,UFO,P);
 FLUXOUF(UFO,P) .. SUM((O,D,UFD,CA), R(O,UFO,D,UFD,CA,P)\$PD(D)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((O,T,CA), PR(O,UFO,T,CA,P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =E= FLUF(UFO,P);
 EXPORTACAOMINO (O,UFO,P) .. SUM((D,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$PD(D)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((T), PR(O,UFO,T,'INTERNACIONAL',P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =G= FLO(O,UFO,P) * FOMIN (P) - POPE(O,P);
 EXPORTACAOMAXO (O,UFO,P) .. SUM((D,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$PD(D)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((T), PR(O,UFO,T,'INTERNACIONAL',P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =L= FLO(O,UFO,P) * FOMAX(P) + POPEMIN(O,P);
 EXPORTACAOT(P) .. SUM((O,UFO,D,UFD), R(O,UFO,D,UFD,'INTERNACIONAL',P)\$PD(D)\$OUF(O,UFO)\$DUF(D,UFD)\$OD(O,D)) +
 SUM((O,UFO,T), PR(O,UFO,T,'INTERNACIONAL',P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =E= ET(P) + CET(P) * CEN(P);
 MULTIB(P) .. SUM((O,UFO,T), PR(O,UFO,T,'DOMESTICO',P)\$OUF(O,UFO)\$OT(O,T)) =L=

```

SUM((O,UFO,T,CA), PR(O,UFO,T,CA,P)$OUF(O,UFO)$OT(O,T) * FMCA(P));

MULTIB2(P)    ..    SUM((O,UFO,T), PR(O,UFO,T,'INTERNACIONAL',P)$OUF(O,UFO)$OT(O,T)) =L=
SUM((O,UFO,T,CA), PR(O,UFO,T,CA,P)$OUF(O,UFO)$OT(O,T) * (1 - FMCA(P)));

BINARIAT      ..    SUM(T, BINT(T)) =L= 500;

BINARIAT1     ..    SUM(T1, BINT1(T1)) =L= 500;

MULTIC(O,UFO,P,CA) .. SUM((T), PR(O,UFO,T,CA,P)$OUF(O,UFO)$OT(O,T)) =L=
SUM((T), PR(O,UFO,T,CA,P)$OUF(O,UFO)$OT(O,T) * 0.6) +
SUM((D,UFD), R(O,UFO,D,UFD,CA,P)$OUF(O,UFO)$DUF(D,UFD)$OD(O,D) * 0.6);

MODEL MARIA /ALL/;
OPTION RESLIM = 10000000;
OPTION ITERLIM = 10000000;
OPTION LIMROW=0;
OPTION LIMCOL=0;

MARIA.OPTFILE=1;

$OFFLISTING;
MARIA.WORKSPACE = 6000;

SOLVE MARIA USING MIP MAXIMIZING OBJR;

EXECUTE_UNLOAD "RESULTADOS.GDX", R PR IM PRD OBJR POP EP E BINO BINOCOMP ETOT CF RT EPP POPE POPEMIN COMPFUFMAX COMPEPMIN LIM
PROAC POPM CFAC CFEH CAPCOMP;
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=R RNG=R!A1:H640000 RDIM=5 CDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=PR RNG=PR!A1:H64000 RDIM=4 CDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=IM RNG=IM!A1:G64000 RDIM=4 CDIM=1';

```

```

EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=PRD RNG=PRD!A1:H64000 RDIM=4 CDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=E RNG=E!A1:ZZ64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=POP RNG=P!A1:ZZ64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=EP RNG=EP!A1:ZZ64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=EPP RNG=EPP!A1:ZZ64000 RDIM=1 CDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=BINO RNG=BINO!A1:C64000 RDIM=1 CDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=BINOCOMP RNG=BINOCOMP!A1:C64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=ETOT RNG=ETOT!A1:ZZ64000 RDIM=2 CDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=CF RNG=RES!A1:A400';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=RT RNG=RES!B1:B400';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=CFAC RNG=RES!C1:C400';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=CFEH RNG=RES!D1:D400';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=POPE RNG=POPE!A1:C64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=POPEMIN RNG=POPEMIN!A1:ZZ64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=COMPUFMAX RNG=COMPUFMAX!A1:C400 RDIM=1 CDIM =1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=COMPEPMIN RNG=COMPEPMIN!A1:C400 RDIM=1 CDIM =1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=LIM RNG=LIM!A1:C64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=PROAC RNG=PROAC!A1:C64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=POPM RNG=POPM!A1:C64000 RDIM=1';
EXECUTE 'GDXXRW.EXE RESULTADOS.GDX O=C:RESULTADOS\RESULTADOS.XLS VAR=CAPCOMP RNG=CAPCOMP!A1:C64000 RDIM=1 CDIM=1';

```


ANEXO B

TABELA I.B Oferta de cana-de-açúcar por microrregião em cada cenário (mil toneladas)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Águas Lindas de Goiás (GO)	1.045	1.045	21.045	21.045	21.045	21.045	21.045	21.045
Alto Araguaia (MT)	587	587	587	587	587	587	587	587
Amélia Rodrigues (BA)	1.148	1.148	3.648	3.648	3.648	3.648	3.648	3.648
Angélica (MS)	3.346	3.346	15.491	23.346	3.346	20.695	3.346	23.195
Anicuns (GO)	1.564	1.564	16.564	16.564	1.564	11.564	1.564	1.564
Aparecida do Taboado (MS)	4.142	4.142	24.142	24.142	24.143	24.144	24.144	24.144
Aquiraz (CE)	9	9	9	9	9	9	9	9
Araças (BA)	-	-	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501
Araraquara (SP)	18.055	18.055	33.055	33.056	33.055	33.055	33.055	33.059
Araras (SP)	10.020	10.020	15.022	15.022	15.020	15.022	15.020	15.022
Arraial do Cabo (RJ)	173	173	173	173	173	173	173	173
Arraias (TO)	148	148	148	148	148	148	148	148
Atalaia (AL)	7.884	7.884	10.385	10.384	10.385	10.384	10.385	10.384
Baía Formosa (RN)	2.446	2.446	2.446	2.446	2.446	2.446	2.446	2.446
Bandeirantes (PR)	934	934	13.434	13.434	13.434	13.434	13.434	13.434
Barra do Bugres (MT)	3.326	3.326	3.326	3.326	3.326	3.326	3.326	3.326
Barreiras (BA)	-	-	2.500	20.000	20.005	20.005	20.005	20.005
Barretos (SP)	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074
Batatais (SP)	3.367	3.367	3.367	3.367	3.367	3.367	3.367	3.367
Boa Esperança (ES)	280	280	280	280	280	280	280	280
Brotas (SP)	3.304	3.304	5.804	5.804	5.804	5.804	3.304	5.804
Cafelândia (SP)	6.649	6.649	21.649	21.649	21.649	21.649	21.649	21.649
Campestre do Maranhão (MA)	1.719	1.719	4.219	4.219	4.219	4.219	4.219	4.219
Campo Belo (MG)	-	-	2.500	2.501	2.501	2.501	2.500	2.501

TABELA I.B Oferta de cana-de-açúcar por microrregião em cada cenário (mil toneladas)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Campo Novo do Parecis (MT)	1.231	1.231	1.231	11.231	3.731	11.188	4.533	11.188
Campo Verde (MT)	-	-	7.500	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Campos dos Goitacazes (RJ)	1.575	1.575	4.075	4.075	4.075	4.075	4.075	4.075
Canápolis (MG)	5.051	5.051	5.051	5.051	5.051	5.051	5.051	5.051
Capela (SE)	347	347	347	347	347	347	347	347
Capixaba (AC)	13	13	13	13	13	13	13	13
Caravelas (BA)	-	-	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Casa Branca (SP)	6.579	6.579	19.079	19.082	19.079	19.079	19.079	19.079
Ceará-Mirim (RN)	-	-	2.501	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Chapadão do Sul (MS)	4.976	4.976	4.976	7.281	24.976	24.976	23.819	24.976
Cocos (BA)	-	-	5.000	5.000	-	5.000	-	5.000
Colorado (PR)	6.638	6.638	6.638	6.638	6.638	6.638	6.638	6.638
Conceição da Barra (ES)	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227
Coruripe (AL)	13.757	13.757	13.757	13.757	13.757	13.757	13.757	13.757
Cruzeiro do Oeste (PR)	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145
Currais (PI)	-	-	2.501	2.500	2.501	2.500	2.500	2.500
Darcinópolis (TO)	-	-	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Dueré (TO)	-	-	2.500	2.500	-	2.500	-	2.500
Echaporã (SP)	-	-	17.500	17.500	17.500	17.500	17.500	17.500
Edéia (GO)	9.302	9.302	9.302	9.302	9.302	9.302	9.302	9.302
Elias Fausto (SP)	8.445	8.445	13.446	13.446	13.446	13.446	13.446	13.446
Engenheiro Beltrão (PR)	1.351	1.351	11.353	11.353	11.351	11.351	11.351	11.351
Fernandópolis (SP)	2.955	2.955	2.955	12.958	12.955	12.955	12.955	12.955
Florestópolis (PR)	1.732	1.732	9.232	9.232	9.232	9.232	9.232	9.232
Flórida Paulista (SP)	7.759	7.759	7.759	7.759	7.759	7.759	7.759	7.759
Frutal (MG)	17.257	17.257	17.257	17.257	17.257	17.257	17.257	17.257
General Salgado (SP)	1.679	1.679	1.679	1.679	1.679	11.679	1.679	11.679

TABELA I.B Oferta de cana-de-açúcar por microrregião em cada cenário (mil toneladas)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Goianésia (GO)	10.359	10.359	10.359	10.359	10.359	10.359	10.359	10.359
Guapirama (PR)	-	-	2.500	2.500	-	2.500	-	2.500
Guararapes (SP)	12.267	12.267	12.267	12.267	12.267	22.267	12.267	27.267
Gurupi (TO)	-	-	7.500	7.500	7.372	7.500	7.372	7.500
Ibaiti (PR)	2.979	2.979	2.979	2.979	2.979	2.979	2.979	2.979
Igarassu (PE)	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192
Iguatama (MG)	980	980	980	980	980	980	980	980
Ipameri (GO)	1.399	1.399	16.399	21.399	11.399	16.399	13.899	18.899
Ipojuca (PE)	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460
Itaberaí (GO)	572	572	572	572	572	572	572	572
Itaí (SP)	7.871	7.871	7.871	25.371	7.871	7.871	7.871	7.871
Itambé (PE)	5.062	5.062	5.062	5.062	5.062	5.062	5.062	5.062
Itambé (PR)	-	-	5.001	5.001	5.000	5.001	5.000	5.000
Itapebi (BA)	-	-	12.503	12.503	12.503	12.503	12.503	12.503
Itapemirim (ES)	750	750	750	750	750	750	750	750
Itapetininga (SP)	1.764	1.764	9.266	9.266	9.266	9.266	9.266	9.266
Itapeva (SP)	-	-	10.002	15.004	15.004	15.004	15.004	15.004
Itapira (SP)	4.031	4.031	11.533	11.533	11.533	11.533	11.533	11.533
Itarantim (BA)	-	-	2.501	2.500	2.501	2.500	2.501	2.500
Ituiutaba (MG)	5.304	5.304	5.304	5.304	5.304	5.304	5.304	5.304
Ituverava (SP)	5.401	5.401	5.401	5.401	5.401	5.401	5.401	5.401
Jaboticabal (SP)	17.370	17.370	17.370	17.370	17.370	17.370	17.370	17.370
Jacarezinho (PR)	5.092	5.092	7.592	7.592	7.593	7.593	7.593	7.593
Jaciara (MT)	3.823	3.823	3.823	3.823	3.823	3.823	3.823	3.823
Jaíba (MG)	64	64	64	64	64	64	64	64
Jandaia do Sul (PR)	981	981	981	981	981	981	981	981

TABELA I.B Oferta de cana-de-açúcar por microrregião em cada cenário (mil toneladas)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Jardinópolis (SP)	40.886	40.886	40.886	40.886	40.886	40.886	40.886	48.386
Jaú (SP)	16.579	16.579	16.579	21.579	21.579	21.579	16.579	19.079
Jesuítas (PR)	-	-	12.372	14.884	7.500	14.884	12.500	15.000
João Pinheiro (MG)	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752
Juazeiro (BA)	1.386	1.386	1.386	1.386	1.386	1.386	1.386	1.386
Junqueirópolis (SP)	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066
Lagoa da Prata (MG)	1.822	1.822	21.824	21.824	21.822	21.823	21.822	21.823
Lambari D'Oeste (MT)	654	654	654	654	654	654	654	654
Laranjeiras (SE)	1.603	1.603	1.603	1.603	1.603	1.603	1.603	1.603
Lençóis Paulista (SP)	6.203	6.203	6.203	26.203	6.203	8.703	6.203	6.203
Linhares (ES)	831	831	831	831	831	831	831	831
Marialva (PR)	1.592	1.592	4.093	4.093	4.092	4.093	4.092	4.093
Mesópolis (SP)	538	538	538	538	538	538	538	538
Monte Aprazível (SP)	10.084	10.084	17.584	17.584	17.584	17.584	17.584	17.584
Monte Belo (MG)	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173
Moreira Sales (PR)	810	810	810	810	810	810	810	810
Morro Agudo (SP)	24.758	24.758	24.758	24.758	24.758	24.758	24.758	24.758
Nanuque (MG)	1.029	1.029	1.029	1.029	1.029	1.029	1.029	1.029
Narandiba (SP)	10.672	10.672	10.672	10.672	10.672	23.172	10.672	23.172
Nova Andradina (MS)	1.028	1.028	21.028	21.028	20.673	21.028	21.028	21.028
Novo Horizonte (SP)	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134
Olímpia (SP)	32.513	32.513	52.513	52.513	52.513	52.513	52.513	52.513
Orizona (GO)	-	-	2.500	12.500	-	-	-	2.114
Paraguaçu Paulista (SP)	18.037	18.037	38.037	38.037	38.037	38.037	38.037	38.037
Paraipaba (CE)	29	29	29	29	29	29	29	29
Paranacity (PR)	5.680	5.680	5.680	25.680	5.680	25.680	10.680	25.680
Passos (MG)	3.952	3.952	13.952	13.952	13.952	13.952	13.952	13.952

TABELA I.B Oferta de cana-de-açúcar por microrregião em cada cenário (mil toneladas)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Patos de Minas (MG)	-	-	17.500	17.500	15.000	17.500	12.500	17.500
Patrocínio (MG)	-	-	2.500	2.500	-	2.500	-	-
Pedras de Fogo (PB)	452	452	452	452	452	452	452	452
Pedro Afonso (TO)	52	52	7.552	7.552	7.552	7.552	7.552	7.552
Penápolis (SP)	9.111	9.111	26.611	26.611	26.611	26.611	26.611	26.611
Penedo (AL)	2.287	2.287	2.287	2.287	2.287	2.287	2.287	2.287
Perdizes (MG)	2.178	2.178	2.178	2.178	2.178	2.178	2.178	2.178
Pinheiros (ES)	-	-	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501
Piracicaba (SP)	15.576	15.576	18.077	18.077	18.076	18.077	18.077	18.077
Pirapora (MG)	-	-	20.000	20.000	20.000	20.001	20.000	20.001
Pirassununga (SP)	5.955	5.955	10.957	10.957	10.955	10.955	10.955	10.955
Poconé (MT)	2.764	2.764	2.764	2.764	2.764	2.764	2.764	2.764
Pompéu (MG)	434	434	434	434	434	434	434	434
Porteirão (GO)	12.694	12.694	12.694	12.694	12.694	12.694	12.694	12.694
Porto Feliz (SP)	-	-	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001
Presidente Figueiredo (AM)	251	251	251	251	251	251	251	251
Queiroz (SP)	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802
Quirinópolis (GO)	5.603	5.603	5.603	5.603	5.603	5.603	5.603	5.603
Recife (PE)	100	100	100	100	100	100	100	100
Restinga Seca (RS)	-	-	-	0	-	-	-	-
Riachão (MA)	-	-	7.500	7.500	7.500	7.500	2.500	7.500
Ribamar Fiquene (MA)	-	-	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501
Rio Brilhante (MS)	17.815	17.815	17.817	17.817	17.817	17.817	17.817	17.817
Rio Largo (AL)	4.396	4.396	4.396	4.396	4.396	4.396	4.396	4.396
Rio Tinto (PB)	851	851	851	851	851	851	851	851
Riolândia (SP)	3.690	3.690	3.690	18.690	3.690	18.690	6.190	18.690

TABELA I.B Oferta de cana-de-açúcar por microrregião em cada cenário (mil toneladas)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Rolândia (PR)	698	698	8.199	8.199	8.199	8.199	8.198	8.199
Rondon (PR)	10.309	10.309	10.309	10.309	10.309	10.309	10.309	10.309
Roque Gonzales (RS)	75	75	75	75	75	75	75	75
Santa Adélia (SP)	23.060	23.060	23.060	25.560	25.560	25.560	25.560	25.560
Santa Cruz do Rio Pardo (SP)	9.829	9.829	27.329	27.329	27.329	27.333	27.329	27.329
Santa Filomena (PI)	-	-	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Santa Helena de Goiás (GO)	7.951	7.951	7.951	7.951	7.951	7.951	7.951	7.951
Santa Luzia D'Oeste (RO)	138	138	138	138	138	138	138	138
Santa Rita (PB)	3.042	3.042	3.042	3.042	3.042	3.042	3.042	3.042
Santa Rita do Pardo (MS)	883	883	20.883	20.883	20.883	20.883	20.883	20.883
Santo Antônio de Goiás (GO)	744	744	10.744	10.744	10.744	10.744	10.744	10.744
São Carlos (SP)	8.472	8.472	10.972	10.972	10.972	10.972	10.972	10.972
São Francisco de Assis (RS)	-	-	-	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501
São José da Bela Vista (SP)	10	10	10	10	10	10	10	10
São José do Rio Claro (MT)	2.044	2.044	2.044	2.044	2.044	2.044	2.044	2.044
São Manuel (SP)	2.334	2.334	7.334	7.334	2.334	7.334	2.334	7.334
São Pedro do Ivaí (PR)	1.481	1.481	3.981	3.981	3.981	3.981	3.981	3.981
São Pedro dos Ferros (MG)	1.392	1.392	1.392	1.392	1.392	1.392	1.392	1.392
São Raimundo das Mangabeiras (MA)	629	629	3.129	3.130	3.130	3.130	3.130	3.130
São Sebastião da Amoreira (PR)	-	-	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Sapé (PB)	903	903	903	903	903	903	903	903
Sidrolândia (MS)	1.452	1.452	3.952	3.952	1.452	3.952	1.452	3.952
Sirinhaém (PE)	6.658	6.658	9.158	9.158	9.158	9.158	9.158	9.158
Sonora (MS)	540	540	540	540	540	540	540	540
Sorriso (MT)	-	-	-	1.581	-	1.581	-	1.851
Suzanópolis (SP)	11.082	11.082	11.082	11.082	11.082	11.082	11.082	11.082
Tatuí (SP)	4.317	4.317	11.819	11.819	11.819	11.819	11.819	11.819

TABELA I.B Oferta de cana-de-açúcar por microrregião em cada cenário (mil toneladas)

								(conclusão)
Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Tuntum (MA)	-	-	5.001	5.001	5.000	5.000	5.001	5.000
Uberaba (MG)	13.619	13.619	13.619	13.619	13.619	13.619	13.619	13.619
Ulianópolis (PA)	462	462	462	462	462	462	462	462
União (PI)	823	823	823	823	823	823	823	823
União dos Palmares (AL)	1.454	1.454	1.454	1.454	1.454	1.454	1.454	1.454
Uruaçu (GO)	-	-	-	-	-	10.000	-	7.500
Vitória de Santo Antão (PE)	571	571	571	571	571	571	571	571
Wanderlândia (TO)	-	-	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501
Total Geral	658.756	658.756	1.265.805	1.417.567	1.265.805	1.417.567	1.265.805	1.417.567

[illegible]

TABELA II.B Oferta de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Jaíba (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Jandaia do Sul (PR)	75.883	75.883	75.883	75.883	75.883	75.883	75.883	75.883
Jardinópolis (SP)	3.064.869	3.064.869	3.064.869	3.064.869	3.064.869	3.064.869	3.064.869	3.064.869
Jaú (SP)	1.385.314	1.385.314	1.385.314	1.385.314	1.385.314	1.385.314	1.385.314	1.385.314
Jesuítas (PR)	-	-	194.635	196.108	-	196.108	-	-
João Pinheiro (MG)	121.913	121.913	121.913	121.913	121.913	121.913	121.913	121.913
Juazeiro (BA)	98.291	98.291	98.291	98.291	98.291	98.291	98.291	98.291
Junqueirópolis (SP)	44.240	44.240	44.240	44.240	44.240	44.240	44.240	44.240
Lagoa da Prata (MG)	174.586	174.586	594.754	594.754	174.586	384.670	174.586	384.670
Lambari D'Oeste (MT)	-	-	-	-	-	-	-	-
Laranjeiras (SE)	79.520	79.520	79.520	79.520	79.520	79.520	79.520	79.520
Lençóis Paulista (SP)	304.749	304.749	304.749	304.749	304.749	304.749	304.749	304.749
Linhares (ES)	-	-	-	-	-	-	-	-
Marialva (PR)	191.047	191.047	401.131	401.131	191.047	401.131	191.047	401.131
Mesópolis (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Monte Aprazível (SP)	572.314	572.314	572.314	572.314	572.314	572.314	572.314	572.314
Monte Belo (MG)	128.019	128.019	128.019	128.019	128.019	128.019	128.019	128.019
Moreira Sales (PR)	54.449	54.449	54.449	54.449	54.449	54.449	54.449	54.449
Morro Agudo (SP)	1.993.892	1.993.892	1.993.892	1.993.892	1.993.892	1.993.892	1.993.892	1.993.892
Nanuque (MG)	21.243	21.243	21.243	21.243	21.243	21.243	21.243	21.243
Narandiba (SP)	550.356	550.356	550.356	550.356	550.356	550.356	550.356	550.356
Nova Andradina (MS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Novo Horizonte (SP)	491.141	491.141	491.141	491.141	491.141	491.141	491.141	491.141
Olímpia (SP)	1.897.394	1.897.394	1.897.394	1.897.394	1.897.394	1.897.394	1.897.394	1.897.394
Orizona (GO)	-	-	-	-	-	-	-	163.674
Paraguaçu Paulista (SP)	1.254.890	1.254.890	1.254.890	1.254.890	1.254.890	1.254.890	1.254.890	1.254.890
Paraipaba (CE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Paranacity (PR)	580.820	580.820	580.820	580.820	580.820	580.820	580.820	580.820
Passos (MG)	127.345	127.345	127.345	127.345	127.345	127.345	127.345	127.345
Patos de Minas (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Patrocínio (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedras de Fogo (PB)	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedro Afonso (TO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Penápolis (SP)	663.244	663.244	663.244	663.244	663.244	663.244	663.244	663.244
Penedo (AL)	166.302	166.302	166.302	166.302	166.302	166.302	166.302	166.302
Perdizes (MG)	98.151	98.151	98.151	98.151	98.151	98.151	98.151	98.151
Pinheiros (ES)	-	-	210.084	210.084	210.084	210.084	210.084	210.084
Piracicaba (SP)	990.100	990.100	1.200.184	1.200.184	990.100	1.200.184	1.200.184	1.200.184

TABELA II.B Oferta de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Pirapora (MG)			-	-	-	210.084	-	210.084
Pirassununga (SP)	436.653	436.653	856.821	856.821	436.653	436.653	436.653	436.653
Poconé (MT)	-	-	-	-	-	-	-	-
Pompéu (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Porteirão (GO)	439.935	439.935	439.935	439.935	439.935	439.935	439.935	439.935
Porto Feliz (SP)			420.168	420.168	420.168	420.168	420.168	420.168
Presidente Figueiredo (AM)	19.643	19.643	19.643	19.643	19.643	19.643	19.643	19.643
Queiroz (SP)	336.236	336.236	336.236	336.236	336.236	336.236	336.236	336.236
Quirinópolis (GO)	388.300	388.300	388.300	388.300	388.300	388.300	388.300	388.300
Recife (PE)	-	-	-		-	-	-	-
Restinga Seca (RS)				0				
Riachão (MA)			-	-	-	-	-	-
Ribamar Fiquene (MA)			210.084	210.084	210.084	210.084	210.084	210.084
Rio Brilhante (MS)	951.419	951.419	951.419	951.419	951.419	951.419	951.419	951.419
Rio Largo (AL)	377.087	377.087	377.087	377.087	377.087	377.087	377.087	377.087
Rio Tinto (PB)	54.940	54.940	54.940	54.940	54.940	54.940	54.940	54.940
Riolândia (SP)	102.332	102.332	102.332	102.332	102.332	102.332	102.332	102.332
Rolândia (PR)	46.561	46.561	676.813	676.813	466.729	676.813	256.645	676.813
Rondon (PR)	627.928	627.928	627.928	627.928	627.928	627.928	627.928	627.928
Roque Gonzales (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Adélia (SP)	1.543.796	1.543.796	1.543.796	1.543.796	1.543.796	1.543.796	1.543.796	1.543.796
Santa Cruz do Rio Pardo (SP)	338.813	338.813	338.813	338.813	338.813	1.389.233	338.813	338.813
Santa Filomena (PI)			-	-	-	-	-	-
Santa Helena de Goiás (GO)	144.720	144.720	144.720	144.720	144.720	144.720	144.720	144.720
Santa Luzia D'Oeste (RO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Rita (PB)	127.838	127.838	127.838	127.838	127.838	127.838	127.838	127.838
Santa Rita do Pardo (MS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Santo Antônio de Goiás (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
São Carlos (SP)	300.228	300.228	300.228	300.228	300.228	300.228	300.228	510.312
São Francisco de Assis (RS)				210.084	210.084	210.084	210.084	210.084
São José da Bela Vista (SP)	1.214	1.214	1.214	1.214	1.214	1.214	1.214	1.214
São José do Rio Claro (MT)	-	-	-	-	-	-	-	-
São Manuel (SP)	207.395	207.395	207.395	207.395	207.395	207.395	207.395	207.395
São Pedro do Ivaí (PR)	135.351	135.351	135.351	135.351	135.351	135.351	135.351	135.351
São Pedro dos Ferros (MG)	58.185	58.185	58.185	58.185	58.185	58.185	58.185	58.185
São Raimundo das Mangabeiras (MA)	-	-	-	210.084	210.084	210.084	210.084	210.084
São Sebastião da Amoreira (PR)			-	-	-	-	-	-

TABELA II.B Oferta de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(conclusão)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Sapé (PB)	-	-	-	-	-	-	-	-
Sidrolândia (MS)	13.220	13.220	13.220	13.220	13.220	13.220	13.220	13.220
Sirinhaém (PE)	486.327	486.327	486.327	486.327	486.327	486.327	486.327	486.327
Sonora (MS)	58.977	58.977	58.977	58.977	58.977	58.977	58.977	58.977
Sorriso (MT)				99.707		99.707		132.141
Suzanópolis (SP)	501.822	501.822	501.822	501.822	501.822	501.822	501.822	501.822
Tatuí (SP)	96.390	96.390	726.642	726.642	726.642	726.642	726.642	726.642
Tuntum (MA)			210.084	210.084	-	-	210.084	-
Uberaba (MG)	1.110.232	1.110.232	1.110.232	1.110.232	1.110.232	1.110.232	1.110.232	1.110.232
Ulianópolis (PA)	20.956	20.956	20.956	20.956	20.956	20.956	20.956	20.956
União (PI)	46.297	46.297	46.297	46.297	46.297	46.297	46.297	46.297
União dos Palmares (AL)	117.726	117.726	117.726	117.726	117.726	117.726	117.726	117.726
Uruaçu (GO)						-		-
Vitória de Santo Antão (PE)	43.533	43.533	43.533	43.533	43.533	43.533	43.533	43.533
Wanderlândia (TO)			210.084	210.084	210.084	210.084	210.084	210.084
Total Geral	37.988.413	37.988.413	48.477.166	51.099.354	48.477.166	51.099.354	48.477.166	51.099.354

[illegible]

TABELA III.B Oferta de etanol por microrregião em cada cenário (metros cúbico)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Jaíba (MG)	5.148	5.148	5.148	5.148	5.148	5.148	5.148	5.148
Jandaia do Sul (PR)	27.895	27.895	27.895	27.895	27.895	27.895	27.895	27.895
Jardinópolis (SP)	1.227.736	1.227.736	1.227.736	1.227.736	1.227.736	1.227.736	1.227.736	1.827.736
Jaú (SP)	402.818	402.818	402.818	802.818	802.818	802.818	402.818	602.818
Jesuítas (PR)			860.000	1.060.000	600.000	1.060.000	1.000.000	1.200.000
João Pinheiro (MG)	58.918	58.918	58.918	58.918	58.918	58.918	58.918	58.918
Juazeiro (BA)	45.392	45.392	45.392	45.392	45.392	45.392	45.392	45.392
Junqueirópolis (SP)	55.817	55.817	55.817	55.817	55.817	55.817	55.817	55.817
Lagoa da Prata (MG)	29.395	29.395	1.349.395	1.349.395	1.629.395	1.489.395	1.629.395	1.489.395
Lambari D'Oeste (MT)	52.318	52.318	52.318	52.318	52.318	52.318	52.318	52.318
Laranjeiras (SE)	75.240	75.240	75.240	75.240	75.240	75.240	75.240	75.240
Lençóis Paulista (SP)	293.119	293.119	293.119	1.893.119	293.119	493.119	293.119	293.119
Linhares (ES)	66.485	66.485	66.485	66.485	66.485	66.485	66.485	66.485
Marialva (PR)	-	-	60.000	60.000	200.000	60.000	200.000	60.000
Mesópolis (SP)	43.007	43.007	43.007	43.007	43.007	43.007	43.007	43.007
Monte Aprazível (SP)	425.187	425.187	1.025.187	1.025.187	1.025.187	1.025.187	1.025.187	1.025.187
Monte Belo (MG)	248.466	248.466	248.466	248.466	248.466	248.466	248.466	248.466
Moreira Sales (PR)	28.476	28.476	28.476	28.476	28.476	28.476	28.476	28.476
Morro Agudo (SP)	651.460	651.460	651.460	651.460	651.460	651.460	651.460	651.460
Nanuque (MG)	68.133	68.133	68.133	68.133	68.133	68.133	68.133	68.133
Narandiba (SP)	486.870	486.870	486.870	486.870	486.870	1.486.870	486.870	1.486.870
Nova Andradina (MS)	82.264	82.264	1.682.264	1.682.264	1.653.824	1.682.264	1.682.264	1.682.264
Novo Horizonte (SP)	163.345	163.345	163.345	163.345	163.345	163.345	163.345	163.345
Olímpia (SP)	1.336.198	1.336.198	2.936.198	2.936.198	2.936.198	2.936.198	2.936.198	2.936.198
Orizona (GO)			200.000	1.000.000				60.000
Paraguaçu Paulista (SP)	606.383	606.383	2.206.383	2.206.383	2.206.383	2.206.383	2.206.383	2.206.383
Paraipaba (CE)	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318
Paranacity (PR)	67.197	67.197	67.197	1.667.197	67.197	1.667.197	467.197	1.667.197
Passos (MG)	231.282	231.282	1.031.282	1.031.282	1.031.282	1.031.282	1.031.282	1.031.282
Patos de Minas (MG)			1.400.000	1.400.000	1.200.000	1.400.000	1.000.000	1.400.000
Patrocínio (MG)			200.000	200.000		200.000		
Pedras de Fogo (PB)	36.161	36.161	36.161	36.161	36.161	36.161	36.161	36.161
Pedro Afonso (TO)	4.125	4.125	604.125	604.125	604.125	604.125	604.125	604.125
Penápolis (SP)	286.752	286.752	1.686.752	1.686.752	1.686.752	1.686.752	1.686.752	1.686.752
Penedo (AL)	72.074	72.074	72.074	72.074	72.074	72.074	72.074	72.074
Perdizes (MG)	108.830	108.830	108.830	108.830	108.830	108.830	108.830	108.830
Pinheiros (ES)			60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000

TABELA III.B Oferta de etanol por microrregião em cada cenário (metros cúbico)

(continua)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Piracicaba (SP)	586.037	586.037	646.037	646.037	786.037	646.037	646.037	646.037
Pirapora (MG)			1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.460.000	1.600.000	1.460.000
Pirassununga (SP)	185.333	185.333	305.333	305.333	585.333	585.333	585.333	585.333
Poconé (MT)	221.129	221.129	221.129	221.129	221.129	221.129	221.129	221.129
Pompéu (MG)	34.752	34.752	34.752	34.752	34.752	34.752	34.752	34.752
Porteirão (GO)	722.208	722.208	722.208	722.208	722.208	722.208	722.208	722.208
Porto Feliz (SP)			120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000
Presidente Figueiredo (AM)	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Queiroz (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Quirinópolis (GO)	189.377	189.377	189.377	189.377	189.377	189.377	189.377	189.377
Recife (PE)	8.017	8.017	8.017	8.017	8.017	8.017	8.017	8.017
Restinga Seca (RS)				0				
Riachão (MA)			600.000	600.000	600.000	600.000	200.000	600.000
Ribamar Fiquene (MA)			60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Rio Brilhante (MS)	790.985	790.985	791.066	791.066	791.066	791.066	791.066	791.066
Rio Largo (AL)	100.276	100.276	100.276	100.276	100.276	100.276	100.276	100.276
Rio Tinto (PB)	31.474	31.474	31.474	31.474	31.474	31.474	31.474	31.474
Riolândia (SP)	226.955	226.955	226.955	1.426.955	226.955	1.426.955	426.955	1.426.955
Rolândia (PR)	24.761	24.761	204.761	204.761	344.761	204.761	484.761	204.761
Rondon (PR)	406.117	406.117	406.117	406.117	406.117	406.117	406.117	406.117
Roque Gonzales (RS)	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Santa Adélia (SP)	815.626	815.626	815.626	1.015.626	1.015.626	1.015.626	1.015.626	1.015.626
Santa Cruz do Rio Pardo (SP)	560.490	560.490	1.960.490	1.960.490	1.960.490	1.260.490	1.960.490	1.960.490
Santa Filomena (PI)			400.000	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000
Santa Helena de Goiás (GO)	539.601	539.601	539.601	539.601	539.601	539.601	539.601	539.601
Santa Luzia D'Oeste (RO)	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000
Santa Rita (PB)	158.143	158.143	158.143	158.143	158.143	158.143	158.143	158.143
Santa Rita do Pardo (MS)	70.613	70.613	1.670.613	1.670.613	1.670.613	1.670.613	1.670.613	1.670.613
Santo Antônio de Goiás (GO)	59.512	59.512	859.512	859.512	859.512	859.512	859.512	859.512
São Carlos (SP)	477.579	477.579	677.579	677.579	677.579	677.579	677.579	537.579
São Francisco de Assis (RS)				60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
São José da Bela Vista (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
São José do Rio Claro (MT)	163.543	163.543	163.543	163.543	163.543	163.543	163.543	163.543
São Manuel (SP)	48.465	48.465	448.465	448.465	48.465	448.465	48.465	448.465
São Pedro do Ivaí (PR)	28.247	28.247	228.247	228.247	228.247	228.247	228.247	228.247
São Pedro dos Ferros (MG)	72.535	72.535	72.535	72.535	72.535	72.535	72.535	72.535
São Raimundo das Mangabeiras (MA)	50.331	50.331	250.331	110.331	110.331	110.331	110.331	110.331
São Sebastião da Amoreira (PR)			200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000

TABELA III.B Oferta de etanol por microrregião em cada cenário (metros cúbico)

(conclusão)

Origens Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Sapé (PB)	72.223	72.223	72.223	72.223	72.223	72.223	72.223	72.223
Sidrolândia (MS)	107.381	107.381	307.381	307.381	107.381	307.381	107.381	307.381
Sirinhaém (PE)	208.418	208.418	408.418	408.418	408.418	408.418	408.418	408.418
Sonora (MS)	3.849	3.849	3.849	3.849	3.849	3.849	3.849	3.849
Sorriso (MT)				60.000		60.000		60.000
Suzanópolis (SP)	552.060	552.060	552.060	552.060	552.060	552.060	552.060	552.060
Tatuí (SP)	281.140	281.140	461.140	461.140	461.140	461.140	461.140	461.140
Tuntum (MA)			260.000	260.000	400.000	400.000	260.000	400.000
Uberaba (MG)	349.390	349.390	349.390	349.390	349.390	349.390	349.390	349.390
Ulianópolis (PA)	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
União (PI)	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000
União dos Palmares (AL)	37.821	37.821	37.821	37.821	37.821	37.821	37.821	37.821
Uruaçu (GO)						800.000		600.000
Vitória de Santo Antão (PE)	16.645	16.645	16.645	16.645	16.645	16.645	16.645	16.645
Wanderlândia (TO)			60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Total Geral	27.375.919	27.375.919	68.947.560	79.340.450	68.947.560	79.340.450	68.947.560	79.340.450

TABELA IV.B Demanda doméstica de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Abaetetuba (PA)	46.470	46.470	46.470	57.674	46.470	57.674	57.674	57.674
Alagoinhas (BA)	45.991	45.991	57.079	57.079	57.079	57.079	57.079	57.079
Alto Taquari (MT)	-	-	-	-	-	-	-	-
Araçatuba (SP)	43.901	43.901	54.487	54.487	54.487	54.487	54.487	54.487
Arapiraca (AL)	16.976	16.976	21.070	21.070	21.070	21.070	21.070	21.070
Araraquara (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Araucária (PR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Bacabal (MA)	22.640	22.640	28.099	28.099	28.099	28.099	28.099	28.099
Balsas (MA)	9.477	9.477	11.763	11.763	11.763	11.763	11.763	11.763
Barbacena (MG)	23.798	23.798	29.536	29.536	29.536	29.536	29.536	29.536
Barra do Garças (MT)	9.259	9.259	11.492	11.492	11.492	11.492	11.492	11.492
Bauru (SP)	78.793	78.793	97.790	97.790	97.790	97.790	97.790	97.790
Belém (PA)	102.276	102.276	102.276	126.936	102.276	126.936	102.276	126.936
Betim (MG)	494.272	494.272	613.446	613.446	613.446	613.446	613.446	613.446
Biguaçu (SC)	-	-	-	-	-	-	-	-
Boa Vista (RR)	12.666	12.666	12.666	15.721	12.666	15.721	12.666	15.721
Brasília (DF)	114.844	114.844	142.534	142.534	142.534	142.534	142.534	142.534
Breves (PA)	12.261	12.261	12.261	15.217	12.261	15.217	12.261	15.217
Cabedelo (PB)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cabo Frio (RJ)	129.090	129.090	129.090	160.215	129.090	160.215	129.090	160.215
Cachoeiro de Itapemirim (ES)	33.631	33.631	41.740	41.740	41.740	41.740	41.740	41.740
Campina Grande (PB)	39.434	39.434	48.942	48.942	48.942	48.942	48.942	48.942
Campo Grande (MS)	38.610	38.610	47.920	47.920	47.920	47.920	47.920	47.920
Campos dos Goitacazes (RJ)	321.208	321.208	326.759	398.655	326.759	398.655	326.759	398.655
Canoas (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Caruaru (PE)	60.829	60.829	75.496	75.496	75.496	75.496	75.496	75.496

TABELA IV.B Demanda doméstica de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Cascavel (PR)	69.619	69.619	86.405	86.405	86.405	86.405	86.405	86.405
Caxias (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Caxias do Sul (RS)	90.951	90.951	90.951	112.880	90.951	112.880	90.951	112.880
Chapecó (SC)	100.324	100.324	124.513	124.513	124.513	124.513	124.513	124.513
Cianorte (PR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Colatina (ES)	14.899	14.899	18.491	18.491	18.491	18.491	18.491	18.491
Corumbá (MS)	10.121	10.121	12.561	12.561	12.561	12.561	12.561	12.561
Crato (CE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cruzeiro do Sul (AC)	5.493	5.493	5.493	6.816	5.493	6.816	5.493	6.816
Cuiabá (MT)	43.240	43.240	53.665	53.665	53.665	53.665	53.665	53.665
Curvelo (MG)	18.569	18.569	23.046	23.046	23.046	23.046	23.046	23.046
Delmiro Gouveia (AL)	11.400	11.400	11.400	14.150	14.150	14.150	14.150	14.150
Diamantina (MG)	18.851	18.851	23.396	23.396	23.396	23.396	23.396	23.396
Divinópolis (MG)	44.949	44.949	55.787	55.787	55.787	55.787	55.787	55.787
Dourados (MS)	29.936	29.936	37.154	37.154	37.154	37.154	37.154	37.154
Duque de Caxias (RJ)	-	-	-	-	-	-	-	-
Engenheiro Beltrão (PR)	12.736	12.736	15.806	15.806	15.806	15.806	15.806	15.806
Feira de Santana (BA)	65.707	65.707	81.551	81.551	81.551	81.551	81.551	81.551
Floriano (PI)	14.851	14.851	18.433	18.433	18.433	18.433	18.433	18.433
Florianópolis (SC)	46.136	46.136	46.604	57.260	57.260	57.260	57.260	57.260
Fortaleza (CE)	154.770	154.770	154.770	192.086	154.770	192.086	154.770	192.086
Goiás (GO)	8.059	8.059	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002
Governador Valadares (MG)	85.593	85.593	106.230	106.230	106.230	106.230	106.230	106.230
Guamaré (RN)	14.319	14.319	17.772	17.772	14.319	17.772	14.319	17.772
Guarapuava (PR)	27.054	27.054	33.577	33.577	33.577	33.577	33.577	33.577

TABELA IV.B Demanda doméstica de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Gurupi (TO)	33.122	33.122	41.108	41.108	41.108	41.108	41.108	41.108
Iguatu (CE)	9.772	9.772	9.772	12.129	11.627	12.129	9.772	12.129
Ijuí (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Imperatriz (MA)	41.486	41.486	51.489	51.489	51.489	51.489	51.489	51.489
Ipojuca (PE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Irati (PR)	13.737	13.737	17.049	17.049	17.049	17.049	17.049	17.049
Itabuna (BA)	73.717	73.717	91.492	91.492	91.492	91.492	91.492	91.492
Itaituba (PA)	13.500	13.500	13.500	16.754	13.500	16.754	13.500	16.754
Itajaí (SC)	111.598	111.598	138.506	138.506	138.506	138.506	138.506	138.506
Itaperuna (RJ)	9.726	9.726	12.071	12.071	12.071	12.071	12.071	12.071
Itapetininga (SP)	51.871	51.871	64.378	64.378	64.378	64.378	64.378	64.378
Itapipoca (CE)	29.395	29.395	29.395	36.483	29.395	36.483	29.395	36.483
Jacupiranga (SP)	15.429	15.429	19.149	19.149	19.149	19.149	19.149	19.149
Jaraguá do Sul (SC)	-	-	-	-	-	-	-	-
Jequié (BA)	-	-	-	-	-	-	-	-
João Pessoa (PB)	55.744	55.744	69.183	69.183	69.183	69.183	69.183	69.183
Joinville (SC)	122.066	122.066	151.497	151.497	151.497	151.497	151.497	151.497
Juazeiro (BA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Juazeiro do Norte (CE)	24.473	24.473	30.374	30.374	30.374	30.374	30.374	30.374
Juiz de Fora (MG)	85.299	85.299	105.865	105.865	105.865	105.865	105.865	105.865
Lages (SC)	22.783	22.783	28.276	28.276	28.276	28.276	28.276	28.276
Lajeado (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Laranjeiras (SE)	69.141	69.141	85.812	85.812	85.812	85.812	85.812	85.812
Linhares (ES)	43.956	43.956	54.554	54.554	54.554	54.554	54.554	54.554
Londrina (PR)	92.469	92.469	114.765	114.765	114.765	114.765	114.765	114.765
Luís Eduardo Magalhães (BA)	18.773	18.773	23.299	23.299	23.299	23.299	23.299	23.299

TABELA IV.B Demanda doméstica de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Luziânia (GO)	36.952	36.952	45.862	45.862	45.862	45.862	45.862	45.862
Maceió (AL)	75.952	75.952	94.265	94.265	94.265	94.265	94.265	94.265
Malhada dos Bois (SE)	12.633	12.633	15.680	15.680	15.680	15.680	15.680	15.680
Manaus (AM)	196.349	196.349	196.349	243.691	196.349	243.691	196.349	243.691
Manicoré (AM)	7.276	7.276	7.276	9.031	7.276	9.031	7.276	9.031
Marabá (PA)	134.804	134.804	167.307	167.307	167.307	167.307	167.307	167.307
Marília (SP)	20.435	20.435	25.362	25.362	25.362	25.362	25.362	25.362
Monteiro (PB)	7.752	7.752	7.752	9.621	7.752	9.621	7.752	9.621
Montes Claros (MG)	55.955	55.955	69.447	69.447	69.447	69.447	69.447	69.447
Mossoró (RN)	41.046	41.046	50.944	50.944	41.046	50.944	41.046	50.944
Natal (RN)	54.033	54.033	67.062	67.062	67.062	67.062	67.062	67.062
Nossa Senhora da Glória (SE)	15.009	15.009	18.628	18.628	18.628	18.628	18.628	18.628
Nova América da Colina (PR)	19.808	19.808	24.584	24.584	24.584	24.584	24.584	24.584
Nova Friburgo (RJ)	17.771	17.771	17.771	22.056	17.771	22.056	17.771	22.056
Oiapoque (AP)	1.467	1.467	1.467	1.820	1.467	1.820	1.467	1.820
Ourinhos (SP)	27.675	27.675	34.347	34.347	34.347	34.347	34.347	34.347
Palmas (TO)	19.856	19.856	24.643	24.643	24.643	24.643	24.643	24.643
Paracatu (MG)	15.012	15.012	18.632	18.632	18.632	18.632	18.632	18.632
Paranaguá (PR)	247.080	247.080	306.654	306.654	306.654	306.654	306.654	306.654
Parnaíba (PI)	15.839	15.839	15.839	19.657	15.839	19.657	15.839	19.657
Parnamirim (RN)	-	-	-	-	-	-	-	-
Passo Fundo (RS)	91.691	91.691	113.798	113.798	113.798	113.798	113.798	113.798
Patos (PB)	23.590	23.590	23.590	29.279	23.590	29.279	23.590	29.279
Paulínia (SP)	324.069	324.069	402.207	402.207	402.207	402.207	402.207	402.207
Petrolina (PE)	19.998	19.998	24.820	24.820	24.820	24.820	24.820	24.820

TABELA IV.B Demanda doméstica de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Picos (PI)	13.902	13.902	17.254	17.254	17.254	17.254	17.254	17.254
Poços de Caldas (MG)	121.526	121.526	150.827	150.827	150.827	150.827	150.827	150.827
Ponta Grossa (PR)	42.130	42.130	52.288	52.288	52.288	52.288	52.288	52.288
Porangatu (GO)	18.695	18.695	23.202	23.202	23.202	23.202	23.202	23.202
Porto Alegre (RS)	309.953	309.953	309.953	384.686	309.953	384.686	309.953	384.686
Porto Velho (RO)	19.190	19.190	19.190	23.817	19.190	23.817	19.190	23.817
Presidente Prudente (SP)	41.967	41.967	52.087	52.087	52.087	52.087	52.087	52.087
Quixadá (CE)	22.684	22.684	22.684	28.153	22.684	28.153	22.684	28.153
Recife (PE)	163.583	163.583	203.025	203.025	203.025	203.025	203.025	203.025
Renascença (PR)	20.262	20.262	25.147	25.147	25.147	25.147	25.147	25.147
Ribeirão Preto (SP)	145.433	145.433	180.498	180.498	180.498	180.498	180.498	180.498
Rio Branco (AC)	17.618	17.618	17.618	21.865	17.618	21.865	17.618	21.865
Rio Claro (SP)	114.571	114.571	142.195	142.195	142.195	142.195	142.195	142.195
Rio de Janeiro (RJ)	577.875	577.875	717.208	717.208	709.068	717.208	705.935	717.208
Rio Grande (RS)	45.726	45.726	45.726	56.751	45.726	56.751	45.726	56.751
Rio Verde (GO)	90.328	90.328	112.108	112.108	112.108	112.108	112.108	112.108
Rondonópolis (MT)	29.488	29.488	36.598	36.598	36.598	36.598	36.598	36.598
Rorainópolis (RR)	2.451	2.451	2.451	3.041	2.451	3.041	2.451	3.041
Russas (CE)	16.401	16.401	16.401	20.356	16.401	20.356	16.401	20.356
Santa Cruz (RN)	10.586	10.586	13.139	13.139	13.139	13.139	13.139	13.139
Santa Cruz do Sul (RS)	50.550	50.550	50.550	62.738	62.738	62.738	62.738	62.738
Santa Maria (RS)	19.422	19.422	19.422	24.105	24.105	24.105	24.105	24.105
Santana (AP)	18.740	18.740	18.740	23.259	18.740	23.259	18.740	23.259
Santarém (PA)	27.334	27.334	27.334	33.925	27.334	33.925	27.334	33.925
São Borja (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
São Carlos (SP)	71.748	71.748	89.046	89.046	89.046	89.046	89.046	89.046

TABELA IV.B Demanda doméstica de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
São Francisco do Conde (BA)	256.349	256.349	296.829	318.157	296.829	318.157	296.829	318.157
São Gabriel da Cachoeira (AM)	2.455	2.455	2.455	3.047	2.455	3.047	2.455	3.047
São José do Rio Preto (SP)	80.573	80.573	100.001	100.001	100.001	100.001	100.001	100.001
São José dos Campos (SP)	219.756	219.756	272.741	272.741	272.741	272.741	272.741	272.741
São Luís (MA)	88.434	88.434	88.434	109.757	109.757	109.757	109.757	109.757
São Paulo (SP)	1.586.702	1.586.702	1.969.274	1.969.274	1.969.274	1.969.274	1.969.274	1.969.274
Senador Canedo (GO)	130.773	130.773	162.304	162.304	162.304	162.304	162.304	162.304
Serra Talhada (PE)	25.782	25.782	31.998	31.998	31.998	31.998	25.782	31.998
Sinop (MT)	37.741	37.741	46.840	46.840	46.840	46.840	46.840	46.840
Sobral (CE)	38.652	38.652	38.652	47.973	38.652	47.973	38.652	47.973
Sorocaba (SP)	231.853	231.853	287.755	287.755	287.755	287.755	287.755	287.755
Tabatinga (AM)	8.866	8.866	8.866	11.004	8.866	11.004	8.866	11.004
Tangará da Serra (MT)	13.956	13.956	17.321	17.321	17.321	17.321	17.321	17.321
Teófilo Otoni (MG)	11.985	11.985	14.875	14.875	14.875	14.875	14.875	14.875
Teresina (PI)	45.436	45.436	56.390	56.390	56.390	56.390	56.390	56.390
Timon (MA)	34.761	34.761	43.142	43.142	43.142	43.142	43.142	43.142
Três Lagoas (MS)	18.794	18.794	23.325	23.325	23.325	23.325	23.325	23.325
Tubarão (SC)	59.050	59.050	59.050	73.287	59.050	73.287	59.050	73.287
Uberlândia (MG)	149.633	149.633	185.711	185.711	185.711	185.711	185.711	185.711
Umuarama (PR)	26.756	26.756	33.206	33.206	33.206	33.206	33.206	33.206
Uruguaiana (RS)	28.335	28.335	28.335	35.167	35.167	35.167	35.167	35.167
Vilhena (RO)	32.718	32.718	40.606	40.606	40.606	40.606	40.606	40.606
Vitória (ES)	160.905	160.905	199.701	199.701	160.905	199.701	160.905	199.701
Vitória da Conquista (BA)	66.749	66.749	82.843	82.843	82.843	82.843	82.843	82.843
Vitória de Santo Antão (PE)	38.965	38.965	48.359	48.359	48.359	48.359	48.359	48.359

TABELA IV.B Demanda doméstica de açúcar por microrregião em cada cenário (toneladas)

(conclusão)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Volta Redonda (RJ)	101.707	101.707	126.229	126.229	126.229	126.229	126.229	126.229
Total Geral	10.473.961	10.473.961	12.494.275	12.999.354	12.494.275	12.999.354	12.494.275	12.999.354

TABELA V.B Demanda doméstica de etanol doméstico por microrregião em cada cenário (metros cúbicos)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Abaetetuba (PA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Alagoinhas (BA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Alto Taquari (MT)	31.131	31.131	62.495	62.495	62.495	62.495	62.495	62.495
Araçatuba (SP)	3.438	3.438	6.834	6.834	6.834	6.834	6.834	6.834
Arapiraca (AL)	-	-	-	-	-	-	-	-
Araraquara (SP)	248.152	248.152	493.311	493.311	493.311	493.311	493.311	493.311
Araucária (PR)	1.455.603	1.455.603	2.178.988	2.178.988	2.178.988	2.178.988	2.178.988	2.178.988
Bacabal (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Balsas (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Barbacena (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Barra do Garças (MT)	9.526	9.526	19.124	19.124	19.124	19.124	19.124	19.124
Bauru (SP)	508.429	508.429	1.010.729	1.010.729	1.010.729	1.010.729	1.010.729	1.010.729
Belém (PA)	163.768	163.768	651.937	651.937	523.809	651.937	637.414	651.937
Betim (MG)	1.039.971	1.039.971	5.695.357	5.695.357	5.695.357	5.695.357	5.695.357	5.695.357
Biguaçu (SC)	20.968	20.968	192.254	295.806	263.366	295.806	170.154	295.806
Boa Vista (RR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Brasília (DF)	416.179	416.179	2.005.500	2.005.500	2.005.500	2.005.500	2.005.500	2.005.500
Breves (PA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cabedelo (PB)	239.503	239.503	239.503	676.200	389.772	676.200	384.468	676.200
Cabo Frio (RJ)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cachoeiro de Itapemirim (ES)	-	-	-	-	-	-	-	-
Campina Grande (PB)	-	-	-	-	-	-	-	-
Campo Grande (MS)	231.375	231.375	965.398	965.398	965.398	965.398	965.398	965.398
Campos dos Goitacazes (RJ)	33.408	33.408	79.815	79.815	79.815	79.815	79.815	79.815
Canoas (RS)	394.481	394.481	394.481	1.955.575	394.481	1.955.575	394.481	1.955.575
Caruaru (PE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cascavel (PR)	93.868	93.868	140.518	140.518	140.518	140.518	140.518	140.518
Caxias (MA)	20.998	20.998	20.998	92.006	92.006	92.006	92.006	92.006
Caxias do Sul (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Chapecó (SC)	2.967	2.967	41.852	41.852	41.852	41.852	41.852	41.852
Cianorte (PR)	31.077	31.077	46.522	46.522	46.522	46.522	46.522	46.522
Colatina (ES)	-	-	-	-	-	-	-	-
Corumbá (MS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Crato (CE)	20.912	20.912	20.912	69.338	36.000	69.338	20.912	69.338
Cruzeiro do Sul (AC)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cuiabá (MT)	519.194	519.194	1.042.288	1.042.288	1.042.288	1.042.288	1.042.288	1.042.288
Curvelo (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA V.B Demanda doméstica de etanol doméstico por microrregião em cada cenário (metros cúbicos)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Delmiro Gouveia (AL)	-	-	-	-	-	-	-	-
Diamantina (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Divinópolis (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dourados (MS)	18.515	18.515	77.252	77.252	77.252	77.252	77.252	77.252
Duque de Caxias (RJ)	1.392.111	1.392.111	1.392.111	3.325.927	1.392.111	3.325.927	1.392.111	3.325.927
Engenheiro Beltrão (PR)	13.817	13.817	20.684	20.684	20.684	20.684	20.684	20.684
Feira de Santana (BA)	203.432	203.432	203.432	431.663	203.432	431.663	203.432	431.663
Florianópolis (SC)	-	-	-	-	-	-	-	-
Fortaleza (CE)	344.208	344.208	1.141.312	1.141.312	344.208	1.141.312	344.208	1.141.312
Goiás (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Governador Valadares (MG)	38.180	38.180	199.586	209.090	209.090	209.090	209.090	209.090
Guamaré (RN)	118.700	118.700	118.700	565.611	149.261	565.611	149.261	565.611
Guarapuava (PR)	113.188	113.188	169.438	169.438	169.438	169.438	169.438	169.438
Gurupi (TO)	9.266	9.266	474.600	474.600	474.600	474.600	474.600	474.600
Iguatu (CE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ijuí (RS)	80.681	80.681	399.961	399.961	399.961	399.961	399.961	399.961
Imperatriz (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ipojuca (PE)	571.002	571.002	571.002	1.441.525	571.002	1.441.525	571.002	1.441.525
Irati (PR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Itabuna (BA)	107.200	107.200	227.469	227.469	227.469	227.469	227.469	227.469
Itaituba (PA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Itajaí (SC)	146.084	146.084	2.060.881	2.060.881	2.060.881	2.060.881	2.060.881	2.060.881
Itaperuna (RJ)	-	-	-	-	-	-	-	-
Itapetininga (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Itapipoca (CE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Jacupiranga (SP)	126.544	126.544	251.562	251.562	251.562	251.562	251.562	251.562
Jaraguá do Sul (SC)	21.365	21.365	301.403	301.403	301.403	301.403	301.403	301.403
Jequié (BA)	122.004	122.004	122.004	258.881	258.881	258.881	258.881	258.881
João Pessoa (PB)	-	-	-	-	-	-	-	-
Joinville (SC)	-	-	-	-	-	-	-	-
Juazeiro (BA)	27.967	27.967	45.343	59.343	59.343	59.343	59.343	59.343
Juazeiro do Norte (CE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Juiz de Fora (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Lages (SC)	2.446	2.446	34.507	34.507	34.507	34.507	34.507	34.507
Lajeado (RS)	14.171	14.171	14.171	70.249	14.171	70.249	14.171	70.249
Laranjeiras (SE)	90.527	90.527	95.458	361.008	167.533	361.008	167.533	361.008
Linhares (ES)	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA V.B Demanda doméstica de etanol doméstico por microrregião em cada cenário (metros cúbicos)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Londrina (PR)	821.081	821.081	1.229.130	1.229.130	1.229.130	1.229.130	1.229.130	1.229.130
Luís Eduardo Magalhães (BA)	12.727	12.727	27.005	27.005	27.005	27.005	27.005	27.005
Luziânia (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Maceió (AL)	116.552	116.552	378.000	378.000	378.000	378.000	378.000	378.000
Malhada dos Bois (SE)	1.891	1.891	7.542	7.542	7.542	7.542	7.542	7.542
Manaus (AM)	208.655	208.655	208.736	483.000	208.736	483.000	208.736	483.000
Manicoré (AM)	-	-	-	-	-	-	-	-
Marabá (PA)	3.985	3.985	15.863	15.863	15.863	15.863	15.863	15.863
Marília (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Monteiro (PB)	-	-	-	-	-	-	-	-
Montes Claros (MG)	51.472	51.472	281.886	281.886	281.886	281.886	281.886	281.886
Mossoró (RN)	-	-	-	-	-	-	-	-
Natal (RN)	-	-	-	-	-	-	-	-
Nossa Senhora da Glória (SE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Nova América da Colina (PR)	91	91	136	136	136	136	136	136
Nova Friburgo (RJ)	-	-	-	-	-	-	-	-
Oiapoque (AP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ourinhos (SP)	895.706	895.706	1.780.614	1.780.614	1.780.614	1.780.614	1.780.614	1.780.614
Palmas (TO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Paracatu (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Paranaguá (PR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Parnaíba (PI)	-	-	-	-	-	-	-	-
Parnamirim (RN)	10.648	10.648	10.648	50.739	50.739	50.739	50.739	50.739
Passo Fundo (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Patos (PB)	-	-	-	-	-	-	-	-
Paulínia (SP)	4.860.286	4.860.286	9.661.973	9.661.973	9.661.973	9.661.973	9.661.973	9.661.973
Petrolina (PE)	49	49	49	125	125	125	125	125
Picos (PI)	-	-	-	-	-	-	-	-
Poços de Caldas (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ponta Grossa (PR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Porangatu (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Porto Alegre (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Porto Velho (RO)	150.625	150.625	150.625	390.729	150.625	390.729	150.625	390.729
Presidente Prudente (SP)	187.169	187.169	372.081	372.081	372.081	372.081	372.081	372.081
Quixadá (CE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Recife (PE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Renascença (PR)	20.231	20.231	30.285	30.285	30.285	30.285	30.285	30.285

TABELA V.B Demanda doméstica de etanol doméstico por microrregião em cada cenário (metros cúbicos)

(continua)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Ribeirão Preto (SP)	700.547	700.547	1.392.648	1.392.648	1.392.648	1.392.648	1.392.648	1.392.648
Rio Branco (AC)	9.055	9.055	9.055	87.150	9.055	87.150	9.055	87.150
Rio Claro (SP)	221.335	221.335	440.001	440.001	440.001	440.001	440.001	440.001
Rio de Janeiro (RJ)	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Grande (RS)	27.034	27.034	134.018	134.018	27.034	134.018	27.034	134.018
Rio Verde (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Rondonópolis (MT)	-	-	-	-	-	-	-	-
Rorainópolis (RR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Russas (CE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Cruz (RN)	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Cruz do Sul (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Maria (RS)	5.048	5.048	5.048	25.025	25.025	25.025	25.025	25.025
Santana (AP)	11.444	11.444	11.444	97.650	11.444	97.650	11.444	97.650
Santarém (PA)	-	-	-	-	-	-	-	-
São Borja (RS)	14.246	14.246	14.246	70.623	40.973	70.623	40.973	70.623
São Carlos (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
São Francisco do Conde (BA)	549.997	549.997	549.997	1.167.040	549.997	1.167.040	549.997	1.167.040
São Gabriel da Cachoeira (AM)	-	-	-	-	-	-	-	-
São José do Rio Preto (SP)	535.568	535.568	1.064.680	1.064.680	1.064.680	1.064.680	1.064.680	1.064.680
São José dos Campos (SP)	422.988	422.988	840.875	840.875	840.875	840.875	840.875	840.875
São Luís (MA)	206.419	206.419	904.444	904.444	904.444	904.444	904.444	904.444
São Paulo (SP)	4.358.857	4.358.857	8.665.162	8.665.162	8.665.162	8.665.162	8.665.162	8.665.162
Senador Canedo (GO)	1.308.335	1.308.335	2.945.250	2.945.250	2.945.250	2.945.250	2.945.250	2.945.250
Serra Talhada (PE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Sinop (MT)	34.841	34.841	69.943	69.943	69.943	69.943	69.943	69.943
Sobral (CE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorocaba (SP)	11.459	11.459	22.779	22.779	22.779	22.779	22.779	22.779
Tabatinga (AM)	-	-	-	-	-	-	-	-
Tangará da Serra (MT)	-	-	-	-	-	-	-	-
Teófilo Otoni (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Teresina (PI)	84.311	84.311	84.311	451.500	451.500	451.500	451.500	451.500
Timon (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Três Lagoas (MS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Tubarão (SC)	354	354	354	5.001	354	5.001	354	5.001
Uberlândia (MG)	330.399	330.399	1.809.417	1.809.417	1.809.417	1.809.417	1.809.417	1.809.417
Umuarama (PR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Uruguaiana (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Vilhena (RO)	4.807	4.807	4.807	12.471	12.471	12.471	12.471	12.471

TABELA V.B Demanda doméstica de etanol doméstico por microrregião em cada cenário (metros cúbicos)

(conclusão)

Destinos Microrregião	AR	ANR	R-P	R-PL	FI-P	FI-PL	FC-P	FC-PL
Vitória (ES)	227.600	227.600	970.200	970.200	970.200	970.200	970.200	970.200
Vitória da Conquista (BA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Vitória de Santo Antão (PE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Volta Redonda (RJ)	18.211	18.211	43.508	43.508	43.508	43.508	43.508	43.508
Total Geral	25.470.379	25.470.379	57.366.452	65.340.450	57.366.452	65.340.450	57.366.452	65.340.450

TABELA VI.B - Embarque de etanol por terminal intermodal em cada cenário (metros cúbicos)

(continua)

Modal	Transbordo Embarque	AR	ANR	PR	R-PL	FI-PL	FI-P	FC-P	FC-PL
Duto	Anhembi (SP)	-	-	-	-	-	-	3.598.261	3.856.790
Duto	Ribeirão Preto (SP)	-	-	-	-	-	-	4.972.778	6.327.820
Ferro	Açailândia (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Adamantina (SP)	-	-	-	-	167.442	167.442	36.378	146.511
Ferro	Aliança (PE)	-	54.121	-	-	5.226	5.226	-	5.226
Ferro	Andradina (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Aparecida do Taboado (MS)	-	-	-	-	875.514	959.514	875.514	875.514
Ferro	Araçatuba (SP)	161.868	174.696	-	-	517.081	217.081	-	-
Ferro	Araguaína (TO)	-	-	-	-	36.000	-	-	36.000
Ferro	Araraquara (SP)	311.409	522.582	776.614	504.034	1.242.582	1.242.582	1.242.582	737.659
Ferro	Araxá (MG)	-	-	-	-	-	-	65.298	65.298
Ferro	Barreiras (BA)	-	-	-	-	288.000	274.049	273.925	288.000
Ferro	Barretos (SP)	-	-	-	-	124.383	124.383	-	-
Ferro	Barueri (SP)	-	-	-	-	431.455	431.455	425.997	425.997
Ferro	Bataguassu (MS)	-	-	-	-	944.957	965.987	-	-
Ferro	Bauru (SP)	-	117.689	-	-	-	-	-	-
Ferro	Campinas (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Cascavel (PR)	-	-	-	-	333.306	845	400.764	720.000
Ferro	Catalão (GO)	-	-	-	-	138.197	-	18.492	356.375
Ferro	Catanduva (SP)	-	-	-	-	780.884	821.798	-	-
Ferro	Chapadão do Sul (MS)	238.557	238.842	145.588	185.148	1.198.842	1.198.842	1.143.320	1.198.842
Ferro	Codó (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Colômbia (SP)	-	-	-	-	289.605	289.605	-	-
Ferro	Cruz Alta (RS)	-	-	-	-	-	1	1	-
Ferro	Eliseu Martins (PI)	-	-	-	-	20.377	36.000	120.000	120.000
Ferro	Estreito (MA)	-	-	-	-	360.000	562.345	396.000	360.000

TABELA VI.B - Embarque de etanol por terminal intermodal em cada cenário (metros cúbicos)

(continua)

Modal	Transbordo Embarque	AR	ANR	PR	R-PL	FI-PL	FI-P	FC-P	FC-PL
Ferro	Fernandópolis (SP)	-	-	-	-	949.913	649.913	599.539	599.539
Ferro	Goiânia (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Gurupi (TO)	-	-	-	-	325.400	-	-	325.400
Ferro	Ijuí (RS)	-	-	-	-	1	-	-	1
Ferro	Imperatriz (MA)	-	-	-	-	36.000	235.002	235.002	36.000
Ferro	Ipaussu (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Itapetininga (SP)	-	-	-	-	100.672	100.672	100.672	100.672
Ferro	Itapeva (SP)	-	-	-	-	54.219	54.219	108.438	216.000
Ferro	Itirapina (SP)	-	-	-	-	63.775	-	273.240	341.387
Ferro	Ituverava (SP)	-	-	-	-	176.006	176.006	-	-
Ferro	Jacarezinho (PR)	209.702	224.910	317.982	204.144	1.547.857	1.345.555	889.077	643.405
Ferro	Jaú (SP)	-	-	-	-	481.691	481.691	241.691	226.057
Ferro	Lagoa da Prata (MG)	-	-	-	-	893.637	977.637	977.637	893.637
Ferro	Lençóis Paulista (SP)	-	-	-	-	184.920	109.920	-	-
Ferro	Maringá (PR)	345.123	486.279	256.430	986.166	1.627.448	941.948	982.030	1.288.598
Ferro	Mogi Guaçu (SP)	-	-	-	-	-	-	497.048	658.005
Ferro	Orlândia (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Ourinhos (SP)	193.710	444.961	491.947	108.891	-	137.801	567.371	699.472
Ferro	Paulínia (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Pederneiras (SP)	-	-	-	-	1.355.461	1.268.936	-	-
Ferro	Pedro Afonso (TO)	-	-	-	-	362.475	362.475	362.475	362.475
Ferro	Pirapora (MG)	-	-	-	-	861.925	960.000	960.000	861.925
Ferro	Pitangueiras (SP)	-	-	-	-	320.191	279.277	-	-
Ferro	Ponta Grossa (PR)	-	-	-	-	89.379	89.379	-	-
Ferro	Pradópolis (SP)	-	76.093	-	-	-	-	-	-

TABELA VI.B - Embarque de etanol por terminal intermodal em cada cenário (metros cúbicos)

(continua)

Modal	Transbordo Embarque	AR	ANR	PR	R-PL	FI-PL	FI-P	FC-P	FC-PL
Ferro	Presidente Prudente (SP)	-	-	-	-	550.235	71.495	145.430	557.576
Ferro	Rialma (GO)	-	-	-	-	188.114	-	-	207.875
Ferro	Ribeirão Preto (SP)	79.693	460.401	-	-	380.017	338.556	-	-
Ferro	Rio Verde (GO)	-	-	-	-	202.350	14.185	-	-
Ferro	Rolândia (PR)	-	-	-	-	315.140	292.449	478.674	416.784
Ferro	Rondonópolis (MT)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Santa Adélia (SP)	-	-	-	-	609.376	609.376	609.376	609.376
Ferro	Santa Juliana (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Santa Maria (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	São José do Rio Preto (SP)	313.714	360.033	-	-	387.607	203.697	-	-
Ferro	São Manuel (SP)	-	-	-	-	168.175	18.175	-	-
Ferro	São Simão (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Tupã (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Uberaba (MG)	246.223	339.653	111.438	111.618	209.634	209.634	209.634	209.634
Ferro	Uberlândia (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Uruaçu (GO)	-	-	-	-	480.000	-	-	360.000
Hidro	Andradina (SP)	-	-	-	-	207.022	207.022	-	-
Hidro	Ibotirama (BA)	-	-	-	-	-	13.951	14.075	-
Hidro	Pirapora (MG)	-	-	-	-	14.075	-	-	14.075
Hidro	Porto Velho (RO)	-	-	-	-	6.600	6.600	6.600	6.600
Hidro	São Simão (GO)	-	-	-	-	71.016	-	-	-
Hidroduto	Andradina (SP)	-	-	-	-	-	-	691.941	1.031.807
Hidroduto	Bataguassu (MS)	-	-	-	-	-	-	1.542.017	1.861.324
Hidroduto	São Simão (GO)	-	-	-	-	-	-	139.990	113.626
Hidroferro	Andradina (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidroferro	São Simão (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA VI.B - Embarque de etanol por terminal intermodal em cada cenário (metros cúbicos)

(conclusão)

Modal	Transbordo Embarque	AR	ANR	PR	R-PL	FI-PL	FI-P	FC-P	FC-PL
Total Geral		2.100.000	3.500.260	2.100.000	2.100.000	20.974.182	17.452.726	24.201.266	28.161.282

TABELA VII.B - Embarque de açúcar por terminal intermodal em cada cenário (tonelada)

(continua)

Modal	Transbordo Embarque	AR	ANR	PR	R-PL	FI-PL	FI-P	FC-P	FC-PL
Duto	Anhembi (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Duto	Ribeirão Preto (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Açailândia (MA)	-	-	-	-	-	5	5	-
Ferro	Adamantina (SP)	-	-	-	-	233.539	233.539	233.539	233.539
Ferro	Aliança (PE)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Andradina (SP)	-	-	-	-	471	7.248	471	471
Ferro	Aparecida do Taboado (MS)	-	-	-	-	425.080	299.030	425.080	425.080
Ferro	Araçatuba (SP)	20.483	348.046	-	-	718.611	340.562	340.562	718.611
Ferro	Araguaína (TO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Araraquara (SP)	516.131	512.571	516.131	642.182	516.131	516.131	516.131	1.272.434
Ferro	Araxá (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Barreiras (BA)	-	-	-	-	1.008.403	1.008.403	1.008.403	1.008.403
Ferro	Barretos (SP)	729.541	1.936.639	343.706	386.697	250.737	250.737	250.737	250.737
Ferro	Barueri (SP)	-	-	-	-	55.491	55.491	55.491	55.491
Ferro	Bataguassu (MS)	-	-	-	-	129.228	129.228	129.228	129.228
Ferro	Bauru (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Campinas (SP)	91.624	333.842	127.206	81.666	-	-	-	-
Ferro	Cascavel (PR)	-	-	-	-	63.955	-	-	-
Ferro	Catalão (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Catanduva (SP)	-	-	-	-	1.376.199	1.376.199	1.376.199	1.376.199
Ferro	Chapadão do Sul (MS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Codó (MA)	-	-	-	-	-	-	20.380	-
Ferro	Colômbia (SP)	-	-	-	-	547.465	547.465	547.465	547.465
Ferro	Cruz Alta (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Eliseu Martins (PI)	-	-	-	-	-	126.050	-	-
Ferro	Estreito (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Fernandópolis (SP)	57.659	388.280	57.659	561.860	130.571	123.795	130.571	130.571
Ferro	Goiânia (GO)	-	-	-	-	125.214	-	-	37.356

TABELA VII.B - Embarque de açúcar por terminal intermodal em cada cenário (tonelada)

(continua)

Modal	Transbordo Embarque	AR	ANR	PR	R-PL	FI-PL	FI-P	FC-P	FC-PL
Ferro	Gurupi (TO)	-	-	-	-	-	116.781	116.781	-
Ferro	Ijuí (RS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Imperatriz (MA)	-	-	-	-	-	16.446	10.699	-
Ferro	Ipaussu (SP)	-	-	-	-	833.540	203.288	203.288	194.860
Ferro	Itapetininga (SP)	-	-	-	-	17.859	17.859	17.859	17.859
Ferro	Itapeva (SP)	-	-	-	-	756.303	756.303	756.303	756.303
Ferro	Itirapina (SP)	-	-	-	-	213.314	213.314	213.314	343.566
Ferro	Ituverava (SP)	118.592	757.666	124.834	124.834	124.834	124.834	124.834	124.834
Ferro	Jacarezinho (PR)	-	-	-	-	208.655	208.655	208.655	208.655
Ferro	Jaú (SP)	826.082	789.629	831.188	831.188	831.188	831.188	831.188	831.188
Ferro	Lagoa da Prata (MG)	-	-	-	-	230.802	104.752	104.752	230.802
Ferro	Lençóis Paulista (SP)	-	-	-	-	182.849	182.849	182.849	182.849
Ferro	Maringá (PR)	1.555.735	1.555.735	2.225.599	2.177.203	1.887.065	1.407.130	1.487.750	1.540.557
Ferro	Mogi Guaçu (SP)	-	-	-	-	202.420	204.546	207.844	205.161
Ferro	Orlândia (SP)	-	-	-	-	1.137.210	1.137.826	1.197.027	1.143.360
Ferro	Ourinhos (SP)	1.068.531	1.063.346	655.251	489.372	715.287	715.287	752.934	715.287
Ferro	Paulínia (SP)	-	-	-	-	75.026	41.517	53.283	81.202
Ferro	Pederneiras (SP)	-	-	-	-	101.802	101.802	-	101.802
Ferro	Pedro Afonso (TO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Pirapora (MG)	-	-	-	-	126.050	-	-	126.050
Ferro	Pitangueiras (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Ponta Grossa (PR)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	Pradópolis (SP)	866.127	866.127	866.127	468.355	911.713	911.713	911.713	-----
Ferro	Presidente Prudente (SP)	-	-	-	-	308.927	330.214	330.214	308.927
Ferro	Rialma (GO)	-	-	-	-	7.555	176.855	181.537	95.413
Ferro	Ribeirão Preto (SP)	1.664.079	2.830.866	1.644.091	1.644.091	1.811.827	1.811.827	1.811.827	1.811.827
Ferro	Rio Verde (GO)	-	-	-	-	20.219	20.219	20.219	32.544

TABELA VII.B - Embarque de açúcar por terminal intermodal em cada cenário (tonelada)

(conclusão)

Modal	Transbordo Embarque	AR	ANR	PR	R-PL	FI-PL	FI-P	FC-P	FC-PL
Ferro	Rolândia (PR)	210.071	234.908	435.513	419.856	454.752	328.702	202.511	454.752
Ferro	Rondonópolis (MT)	-	-	-	-	9.985	9.985	9.985	30.427
Ferro	Santa Adélia (SP)	926.278	1.206.228	926.278	926.278	926.278	926.278	926.278	926.278
Ferro	Santa Juliana (MG)	-	-	-	-	58.891	58.891	58.891	58.891
Ferro	Santa Maria (RS)	-	-	-	-	-	42.321	42.321	11.371
Ferro	São José do Rio Preto (SP)	280.292	342.827	269.218	269.218	292.834	292.834	292.834	292.834
Ferro	São Manuel (SP)	-	-	-	-	124.437	124.437	124.437	124.437
Ferro	São Simão (GO)	-	-	-	-	11.649	11.649	11.649	11.649
Ferro	Tupã (SP)	268.774	332.544	177.198	177.198	201.742	201.742	201.742	201.742
Ferro	Uberaba (MG)	-	-	-	-	666.139	666.139	666.139	666.139
Ferro	Uberlândia (MG)	-	-	-	-	4.460	28.789	28.789	13.510
Ferro	Uruaçu (GO)	-	-	-	-	192.967	-	-	151.859
Hidro	Andradina (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidro	Ibotirama (BA)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidro	Pirapora (MG)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidro	Porto Velho (RO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidro	São Simão (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidroduto	Andradina (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidroduto	Bataguassu (MS)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidroduto	São Simão (GO)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidroferro	Andradina (SP)	-	-	-	-	286.039	286.039	286.039	286.039
Hidroferro	São Simão (GO)	-	252.334	-	-	570.959	564.328	411.754	644.049
Total Geral		9.200.000	13.751.589	9.200.000	9.200.000	20.086.673	18.191.219	18.022.501	20.024.321

Tabela VIII.B - Número de módulos de expansão atribuídos para cada microrregião de origem

(conclusão)

	R-P			R-PL			FI-P			FI-PL			FC-P			FC-PL		
	Mist	Dest	Tot	Mist	Dest	Tot	Mist	Dest	Tot	Mist	Dest	Tot	Mist	Dest	Tot	Mist	Dest	Tot
Araças (BA)	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
Paranacity (PR)	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	8	8	0	2	2	0	8	8
Chapadão do Sul (MS)	0	0	0	0	1	1	0	8	8	0	8	8	0	8	8	0	8	8
Campo Novo do Parecis (MT)	0	0	0	0	4	4	0	1	1	0	4	4	0	2	2	0	4	4
Itaí (SP)	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lençóis Paulista (SP)	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Jaú (SP)	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0	1	1
Fernandópolis (SP)	0	0	0	4	0	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4
Santa Adélia (SP)	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Sorriso (MT)	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
São Francisco de Assis (RS)	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
Riolândia (SP)	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	6	6	0	1	1	0	6	6
Narandiba (SP)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	5	5
Guararapes (SP)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	6	6
General Salgado (SP)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	4	4
Uruaçu (GO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	3	3
Jardinópolis (SP)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Total	50	193	243	63	241	304	50	193	243	63	241	304	50	194	244	63	241	304

ANEXO C

1.C Entrada de dados e resultados no formato digital. Disponibilizados no CD anexo.

Compact Disc