

# DESAFIOS PARA A OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL BRASILEIRA<sup>1</sup>

**José Vicente Caixeta Filho**

Professor Titular e Chefe do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP,  
Coordenador do Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG)

Av. Pádua Dias, 11 - CEP 13418-900 - Piracicaba - SP

[jvcaixet@esalq.usp.br](mailto:jvcaixet@esalq.usp.br)

## Resumo

O principal objetivo deste trabalho disse respeito ao desenvolvimento de um modelo linear de otimização de fluxos em rede que possibilite a simulação dos principais fluxos inter-regionais de cargas agrícolas (açúcar, álcool, milho, soja, óleo e farelo de soja e trigo) e à identificação das alternativas de transporte mais competitivas para o escoamento da produção agroindustrial a partir da área de influência dos corredores Centro-Oeste, Centro-Norte e Nordeste (ano de referência: 2007). O modelo proposto para estimativa dos fluxos inter-regionais mostrou-se uma ferramenta adequada para fins de avaliação do potencial de utilização da multimodalidade. O modelo desenvolvido é ferramenta de apoio à decisão em atividades relacionadas ao planejamento estratégico de um sistema de transportes. A partir do processamento de cenários diversos, torna-se possível extrair informações importantes para estudos de viabilidade econômica de projetos de implantação de vias de transporte, dimensionamento de vias, análise do impacto da concorrência entre os modais de transporte e avaliação de outras questões que podem auxiliar a condução de políticas de planejamento e regulação dos sistemas de transporte de cargas. Os resultados gerados pelo modelo de transporte considerado neste estudo facilitaram também a identificação das localidades mais promissoras para a captação multimodal de cargas. Nesse sentido, puderam ser destacadas as regiões que revelam maior potencial para o uso da multimodalidade.

**Palavras-chave:** Logística agroindustrial; Otimização; Transporte; Armazenamento; Modelagem

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos mais marcantes fenômenos observados na economia agrícola brasileira nas últimas décadas, e de forma acelerada nos anos mais recentes, é a verdadeira revolução no seu arranjo espacial. Os negócios agropecuários foram ocupando áreas de fronteiras, como o Norte e o Centro-Oeste, além de vastas áreas do Nordeste, em geral através de atividades que incorporam modernas tecnologias de produção. Paralelamente, fornecedores de insumos, armazenadores e indústrias de processamento foram se aglomerando ao redor das zonas de produção, visando principalmente a minimização dos custos de transporte envolvidos, atendendo assim aos princípios de racionalidade econômica.

Ressalte-se que a motivação fundamental para a busca dessa otimização é a necessidade de incrementar a competitividade dos produtos nacionais face à concorrência externa resultante da abertura econômica, o que implicará não somente a redução de custos referentes às operações de exportação, mas também a diminuição de espaços para as tentativas de avanço dos produtos importados.

Observa-se que dificuldades logísticas de naturezas diversas têm sido enfrentadas (e já em muitos casos, bem administradas) por diversos segmentos agroindustriais, que claramente vêm delimitando uma nova fronteira agrícola no Centro-Oeste brasileiro, ocupando espaços até então (principalmente) ocupados por atividades pecuárias.

---

<sup>1</sup> Trabalho integrante da sessão organizada "Logística Agroindustrial", apresentada no 48º. Congresso da SOBER (25 a 28 de julho de 2010), em Campo Grande, MS.

Percebe-se que as logísticas bem-sucedidas têm se pautado por uma série de práticas permeadas, basicamente, por economias de escala, baixa ociosidade na utilização de ativos e, conseqüentemente, maior eficiência de processos, capacidade organizacional diferenciada e integração efetiva entre as atividades desenvolvidas.

Nesse sentido, os principais objetivos deste trabalho disseram respeito a:

- desenvolvimento de um modelo linear de otimização de fluxos em rede que possibilite a simulação dos principais fluxos inter-regionais de cargas agrícolas (açúcar, álcool, milho, soja, óleo e farelo de soja e trigo) e identificar as alternativas de transporte mais competitivas para o escoamento da produção agroindustrial a partir da área de influência dos corredores Centro-Oeste, Centro-Norte e Nordeste (ano de referência: 2007);
- elaboração de uma matriz Origem-Destino (O-D) correspondente aos fluxos de cargas nas áreas de influência destes corredores;
- entrevistas junto aos agentes embarcadores e transportadores mais representativos e que fazem uso das alternativas multimodais ao longo destes corredores de transporte com o intuito de avaliar os principais obstáculos que inibem o uso de alternativas modais existentes ou potenciais, bem como de buscar informações com estes agentes a respeito de políticas e medidas que contribuam para a diminuição destas impedências.

### **1.1 Caracterização macro do corredor Centro-Oeste e sua área de influência**

O corredor Centro-Oeste abrange estados das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país, áreas que se destacam, entre outras atividades, pela produção agrícola. Importante via de escoamento das principais *commodities* e insumos agrícolas, o corredor envolve traçados de infraestrutura de transporte rodoviário, ferroviário, hidroviário e marítimo, sendo que as rodovias ainda constituem o meio de transporte predominante.

O transporte ferroviário é realizado pelas seguintes concessionárias: Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), Estrada de Ferro Paraná Oeste (Ferroeste) e América Latina Logística (ALL).

A concessionária FCA possui traçado que corta os estados de Alagoas, Bahia, Minas Gerais e São Paulo. Para o presente trabalho será dado enfoque ao trecho localizado no Triângulo Mineiro e Norte de São Paulo.

Já a Ferroeste é responsável pelo trecho paranaense entre Cascavel até Guarapuava, a partir de onde faz conexão com os trilhos operados pela ALL e que seguem até o porto de Paranaguá.

A concessionária ALL, devido a sucessivas aquisições, é a empresa que possui maior extensão ferroviária concedida para exploração. Além de obter originalmente a concessão da malha Sul, sendo a responsável por grande parte das malhas ferroviárias dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, também passou a ser a concessionária responsável pelos traçados da Ferronorte, Novoeste e Ferroban.

Através de deliberações ocorridas ao longo de 2008, estas três empresas sofreram alterações em seus respectivos estatutos sociais, passando a ser denominadas como: América Latina Logística Malha Norte S.A. (antiga Ferrovia Norte Brasil S.A. - Ferronorte), América Latina Logística Malha Oeste S.A. (anteriormente denominada Ferrovia Novoeste S.A. - Novoeste) e América Latina Logística Malha Paulista S.A. (Ferrovia Bandeirantes S.A. - Ferroban).

Quanto ao traçado, a ALL-Malha Norte (Feronorte) possui o trecho que vai de Alto Taquari-MT até Aparecida do Taboado/MS. A ALL-Malha Oeste (Novoeste) tem suas extremidades localizadas em Corumbá e Ponta-Porã/MS, seguindo até Mairinque, de onde há conexão via Ferroban até o Porto de Santos. Já a ALL-Malha Paulista (Ferroban) cruza o estado de São Paulo até Santos.

Quanto ao modal hidroviário, são duas as hidrovias principais na região de interesse: Tietê-Paraná e Paraguai. Segundo dados da Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo, a Hidrovia Tietê-Paraná apresenta 2.400 km de vias fluviais navegáveis, interligando cinco estados brasileiros: Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo, além do Mercosul. Por isso, a hidrovia apresenta-se como um importante corredor de transporte, com fluxo multidirecional de cargas, conforme relata o Departamento Hidroviário (2009).

A bacia hidrográfica do Paraguai representa um importante elo de integração econômica do Mercosul, possibilitando a ligação direta entre Brasil (através dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia. A hidrovia do Paraguai possui 3.442 km de extensão, dos quais 890 km estão localizados no território nacional brasileiro.

Com relação aos portos, a região abrange algumas das infraestruturas marítimas de maior importância para o país, destacando-se os portos de Santos e de Paranaguá. Estes complexos portuários, além de possuírem ampla movimentação de cargas gerais, também são responsáveis pelo escoamento de grande volume das principais *commodities* agrícolas.

A modalidade rodoviária, que representa cerca de 60% da matriz de transporte brasileira e que inclui algumas rodovias fundamentais para o escoamento da produção agrícola brasileira, será representada neste trabalho pela BR-163 (a partir de Sinop/MT). Tal rodovia é de extrema importância para escoamento da produção agrícola do Mato Grosso até os portos das regiões Sul e Sudeste.

O corredor Centro-Oeste possui como áreas de influência os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Alguns estados estão localizados em áreas limítrofes e, por isso, fazem parte de mais de um corredor.

Assim, quando forem analisados os fluxos dos produtos de interesse, bem como as principais infraestruturas de transporte, poderão ser consideradas apenas algumas regiões, em detrimento de todo o Estado, haja vista que estas áreas são representativas e se destacam como centros de escoamento dos principais produtos agrícolas que serão abordados por este trabalho. Dessa forma, para o corredor Centro-Oeste serão consideradas as regiões centro e sul dos estados do Mato Grosso e de Goiás, além das mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e sul/sudoeste do estado de Minas Gerais.

## **1.2 Caracterização macro do corredor Centro-Norte e sua área de influência**

O corredor Centro-Norte possui como áreas de influência os estados do Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia e Pará. As regiões englobadas pelo corredor possuem características semelhantes de escoamento das suas *commodities* que, para tanto, compartilham dos mesmos modais de transporte. Além disso, estão direta ou indiretamente ligadas à bacia dos Rios Tocantins e Araguaia e possuem como principal terminal marítimo de movimentação dos produtos o Porto do Itaqui, em São Luis (MA).

Além da hidrovia Tocantins-Araguaia, também são importantes para o escoamento da produção através do corredor Centro-Norte as seguintes infraestruturas de transporte:

Estrada de Ferro Norte-Sul (ainda com trechos em fase de construção), a Estrada de Ferro Carajás, o Porto de Itaqui em São Luís (MA), além de algumas estradas federais.

O corredor Centro-Norte, como descrito anteriormente, possui como áreas de influência os estados do Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia e Pará. Alguns Estados estão localizados em áreas limítrofes e, por isso, fazem parte de mais de um corredor.

Assim, quando forem analisados os fluxos dos produtos de interesse, bem como as principais infraestruturas de transporte, em alguns casos serão consideradas apenas algumas regiões, em detrimento de todo o Estado, visto que estas áreas são representativas e se destacam como centros de escoamento dos principais produtos agrícolas que serão abordados neste trabalho. Dessa forma, o corredor Centro-Norte considera as regiões nordeste do estado do Mato Grosso, norte de Goiás, além do oeste da Bahia e leste do Pará. Também serão considerados especificamente alguns municípios da microrregião de Unai, no estado de Minas Gerais.

### **1.3 Caracterização macro do corredor Nordeste e sua área de influência**

O corredor Nordeste é composto pelos estados da Bahia (BA), Sergipe (SE), Alagoas (AL), Pernambuco (PE), Paraíba (PB), Ceará (CE), norte de Minas Gerais (MG), sul do Piauí (PI) e sul do Maranhão (MA). A justificativa da extensão do corredor até o norte de Minas Gerais se estabelece, justamente, por causa da presença de produtos agrícolas na cadeia de escoamento das malhas ferroviárias, rodoviárias e hidroviárias do corredor em questão, que foram analisadas neste trabalho.

O modal rodoviário é composto por rodovias federais, estaduais e municipais. Essas rodovias têm papel de destaque no escoamento da produção agrícola. Dentre as rodovias federais, destacam-se a BR-101, BR-230, BR-242, BR-222, BR-020 e a BR-407.

O modal ferroviário também revela grande importância para o escoamento da produção do corredor. No corredor as empresas em operação ou planejadas são: Ferrovia Centro-Atlântica S.A. (FCA), a Ferrovia Transnordestina, a Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN) e a Ferrovia Oeste-Leste.

No modal hidroviário, o corredor possui a bacia do rio São Francisco e a hidrovía do Parnaíba. Em relação ao modal marítimo o corredor Nordeste apresenta como alternativa para o escoamento da produção os portos de Ilhéus (BA), Aratu (BA), Salvador (BA), Aracaju (SE), Maceió (AL), Suape (PE), Recife (PE), Cabedelo (PB), Porto de Natal (RN), Porto de Pecém (CE) e Porto de Fortaleza (CE).

O corredor Nordeste, como descrito anteriormente, possui como área de influência os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Ceará, Minas Gerais, Piauí e Maranhão.

Assim, quando forem analisados os fluxos dos produtos de interesse, bem como as principais infraestruturas de transporte, em alguns casos serão consideradas apenas algumas regiões, em detrimento de todo o Estado, visto que estas áreas são representativas e se destacam como centros de escoamento dos principais produtos agrícolas que serão abordados neste trabalho.

## 2 ANÁLISE DOS GARGALOS LOGÍSTICOS E DEMANDAS POR INVESTIMENTO

A compreensão das dificuldades enfrentadas pelos agentes envolvidos na logística agroindustrial nos corredores de análise também foi um objetivo importante de pesquisa de campo realizada entre os meses de abril e julho de 2008.

Aos entrevistados era solicitado que declarassem quais são os problemas logísticos enfrentados em seus negócios, especialmente aqueles gargalos mais diretamente relacionados aos impedimentos à multimodalidade. As respostas foram estudadas e sistematizadas em tópicos (“gargalo”). A frequência das declarações foi calculada para cada um desses gargalos. A organização dessas frequências se deu em função dos seguintes parâmetros: i) por corredor logístico; ii) por carga; iii) por modal; e iv) por instituição que, segundo os declarantes, deveria ser a responsável pelas implementações de medidas e investimentos necessários para a solução dos respectivos gargalos.

Os resultados agregados indicam que praticamente três quartos dos entrevistados (74%) entendem que a infraestrutura viária brasileira é deficiente. Este foi, por conseguinte, o gargalo mais importante identificado na pesquisa.

A oferta insuficiente de serviços de transporte foi o segundo gargalo mais freqüente, tendo sido declarado por 41% dos entrevistados. Relacionado a este gargalo, mas com ênfase direta na questão da multimodalidade, ficou o item “falta de modal alternativo”, mencionado por 29% dos entrevistados. Este item pode ser entendido também como parte da oferta insuficiente de serviço de transporte, mas está mais diretamente relacionado à escassez de alternativas e capacidade de movimentação multimodal, especialmente relacionada aos modais ferroviário e hidroviário.

Na quarta posição, surge a questão do elevado custo do frete, mencionado por 27% dos entrevistados. Importante ressaltar que este gargalo pode estar, de alguma forma, relacionado aos três itens anteriores. Ainda assim, é sentido e manifestado diretamente por um número expressivo de agentes.

Na sequência, com frequências de declarações entre 15% e 18%, apareceram os seguintes gargalos: dificuldades de negociação, falta de infraestrutura portuária, problemas no transbordo e o elevado custo dos pedágios.

Com uma frequência entre 5% e 9% apareceram os gargalos relacionados ao elevado *transit time*, o elevado risco na operação logística, o trânsito intenso e a alta carga tributária.

Menos de 5% dos entrevistados ainda declararam se deparar com os seguintes gargalos: a necessidade de operar em grande escala, as restrições de horário de tráfego, as questões ambientais, os problemas nas fiscalizações, a inadequação de veículos de transporte específico e as perdas físicas (“quebras”) durante a operação. Ressalta-se, mais uma vez, que alguns desses compõem, de certa forma, alguns dos gargalos mais abrangentes que ficaram nas primeiras posições.

## 3 MODELO MATEMÁTICO DE OTIMIZAÇÃO PROPOSTO PARA A IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS MULTIMODAIS POTENCIAIS

De forma geral, as técnicas de modelagem utilizadas para a simulação de fluxos de transporte inter-regionais partem da divisão espacial da área que será analisada em zonas de carga e a escolha dos centróides (localidades geográficas) que representarão as origens e destinos das cargas. Para cada um dos centróides, são atribuídos valores de oferta e

demanda de cargas, que representam a quantidade de carga que deve sair ou chegar a cada zona. Após essa etapa, simula-se a movimentação dos fluxos de cargas entre os centróides com excedente de oferta e os centróides com déficit de consumo, que deverão ser alocados com base na configuração da rede multimodal de transporte que conecta as zonas de carga, levando em consideração o comportamento e os critérios de decisões de embarcadores e transportadores.

### **3.1 Divisão espacial da área de análise e escolha dos centróides**

A demanda de carga captável pelas alternativas multimodais de transporte foi realizada com base em estimativas de fluxos inter-regionais de todo Brasil, já que as atividades econômicas nas áreas de influência dos corredores não são estancos e apresentam intercâmbio de mercadorias com outras regiões do país, sendo mais consistente, portanto, estimar os fluxos de cargas observados entre todos os centróides de oferta de demanda de cargas do país, ao invés de isolar os fluxos correlatos à área de influência de cada corredor específico.

Adotou-se como critério para a divisão espacial do território nacional as unidades geográficas denominadas Microrregiões, que são subdivisões dos Estados brasileiros em áreas com similaridades econômicas e sociais, propostas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Para a finalidade de cálculo de distâncias e estimativa do custo de transporte entre as unidades geográficas, foram definidos os centróides (municípios) representantes das microrregiões, que são considerados sedes de cada unidade geográfica, utilizadas para fins de localização da origem ou destino dos fluxos de cargas. Pelo fato do escopo deste trabalho envolver o transporte de cargas agrícolas, a escolha dos centróides de oferta de carga adotou como critério a representatividade de cada município em termos de PIB (Produto Interno Bruto) do setor agrícola dentro de cada microrregião. No caso da seleção dos centróides de atração de carga, o critério considerado foi PIB (Produto Interno Bruto) do setor industrial, avaliado como um bom indicador do nível de consumo de matérias-primas agrícolas.

É facilmente constatado que à medida que a divisão espacial envolve menores unidades geográficas, maior é a precisão dos resultados do modelo, já que é possível a escolha de um recorte territorial mais detalhado e uma representação mais precisa da infraestrutura viária. Por exemplo, caso fossem considerados todos os municípios brasileiros como centróides de produção e de atração de carga, isto implicaria uma representação mais detalhada e mais real do fluxo de cargas inter-regional. No entanto, a adoção de um grande número de centróides pode aumentar por demais o número de pares origem-destino (explosão combinatória), demandando capacidades de memória não disponíveis nos computadores pessoais convencionais durante o processamento do modelo de otimização. Neste sentido, o método de zoneamento envolveu os cuidados necessários para se evitar limitações dos recursos computacionais disponíveis para a resolução do modelo.

### **3.2 Modelo matemático proposto**

A alocação dos fluxos de produtos entre as regiões geradoras de carga e as regiões de atração de carga, através da rede viária, ocorreu com o auxílio de um modelo linear de otimização, que teve como objetivo a minimização do custo total de transporte de cargas. A somatória dos fluxos indicados pela solução do modelo para movimentação através da rede

multimodal de transporte do corredor foi a informação usada para avaliar a demanda de carga captável pelas alternativas multimodais de transporte.

Para a simulação dos fluxos de carga e da escolha das combinações de transporte e rotas entre os centróides de origem e centróides de destino de forma a atingir o menor custo global de transporte, desenvolveu-se um modelo com base no Modelo de Fluxo de Custo Mínimo Multiproduto - Multicommodity Minimum Cost Flow Problem, a partir de Ahuja (1993).

O modelo se baseia num método de otimização de fluxos em rede, onde os nós dessa rede podem representar uma região de oferta de carga, uma região de demanda de carga ou uma localidade que abriga um terminal de transbordo, e os arcos representam as alternativas de transporte disponíveis para a passagem de carga.

### **3.2.1 Identificação dos fluxos multimodais**

Para fins de identificação dos fluxos multimodais – objeto principal deste estudo – a análise dos resultados do modelo focalizou os valores assumidos pela variável específica relacionada a fluxos multimodais de produtos diversos (através do modal ferroviário, hidroviário e/ou dutoviário) entre o terminal de transferência de carga de carregamento e o terminal de transferência de carga de descarregamento, vinculado ao canal de comercialização.

Os fluxos indicados pelo modelo permitem também a identificação dos centróides geradores de carga captável pelas alternativas multimodais e a quantidade de carga gerada por cada centróide. Além disso, os fluxos de carga indicados pelo modelo, também trazem a identificação dos principais pontos de transbordo para embarque nas alternativas multimodais.

O modelo matemático de otimização foi processado com o uso do *solver* de programação linear CPLEX, através do software *General Algebraic Modeling System - GAMS*.

### **3.3 Determinação da quantidade de carga gerada e atraída pelas unidades geográficas definidas pelo zoneamento**

A determinação da oferta ou demanda de carga em uma determinada unidade geográfica (zona) baseou-se nos níveis de produção e consumo dos produtos agrícolas mais representativos em termos de quantidade transportada ao longo do corredor de transporte estudado.

Com base nesse critério e também considerando a aptidão dessas cargas para o transporte multimodal de cargas, foram selecionados os produtos ou classe de produtos relevantes que seriam considerados no estudo de fluxos inter-regionais, sendo eles: soja, milho, trigo, açúcar, álcool, óleo de soja e farelo de soja. A oferta e demanda correspondentes a um determinado produto e a uma dada zona de carga podem ser determinados de forma endógena aos modelos de estimativa de fluxo inter-regionais (como acontece nos casos dos modelos de equilíbrio espacial), ou de maneira exógena (como ocorre no uso de modelos de otimização de fluxos em redes). Particularmente, o método proposto para esse estudo enquadra-se na segunda classe de modelos, sendo, portanto, os valores de oferta e demanda tratados como variáveis exógenas. Neste sentido, pressupõe-se que a quantidade produzida de um dado produto em um dado centróide corresponde à oferta da unidade geográfica (zona) associada àquele centróide, enquanto a quantidade de

um dado produto consumida por um dado centróide equivale à demanda da unidade geográfica correspondente.

Cabe ressaltar que grande parte das informações de produção e consumo dos produtos relevantes para o estudo de demanda de carga multimodal não estava disponível em um nível de desagregação compatível com o zoneamento pretendido. Conseqüentemente, para desagregar os dados de maneira a atender a divisão espacial adotada, foi imprescindível o uso de *proxys*. As informações de oferta e demanda de carga, quando não disponíveis ao nível adequado de desagregação, foram fracionadas ou estimadas em nível municipal, sendo estas informações posteriormente agregadas para determinação da oferta e demanda de cargas nas microrregiões. A seguir, são apresentadas as fontes de dados utilizadas para a determinação da oferta e demanda de cada produto assim como os métodos empregados para desagregação dessas informações.

- Produção de soja: utilizou-se os dados de produção municipal de soja declarados pelo levantamento de safras agrícolas realizado pelo IBGE, denominado Produção Agrícola Municipal 2007. Os valores adotados correspondem ao ano-base 2007.

- Consumo de soja: a partir da quantidade total de soja processada no Brasil em 2007, informada pela Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais – ABIOVE (2009), o consumo de cada município foi estimado através do fracionamento do consumo de soja nacional em consumo municipal, de forma proporcional à capacidade instalada de processamento de soja de cada município, declarada por estudo de Safras & Mercados (2003).

- Produção de farelo de soja: a produção nacional de farelo de soja em 2007, informada pela ABIOVE (2009), foi fracionada em produções municipais, respeitando a proporção da capacidade instalada de processamento de soja em cada município em relação à capacidade nacional, declaradas em estudo de Safras & Mercados (2003).

- Consumo de farelo de soja: o consumo de farelo em nível municipal foi estimado a partir da desagregação do consumo nacional correspondente ao ano de 2007 (ABIOVE, 2009), adotando-se como critério para desagregação dos dados a proporção do tamanho do rebanho de bovinos, suínos e aves de corte de cada município em relação ao tamanho total do rebanho desses animais. O tamanho do rebanho foi determinado pelo número de animais (bovinos, suínos e aves de corte) declarado na Pesquisa Pecuária Municipal 2007 (IBGE, 2009c).

- Produção de óleo de soja: a partir da produção nacional de óleo de soja em 2007 publicada por ABIOVE (2009), essa informação foi desagregada em produção municipal de maneira proporcional à capacidade instalada de processamento municipal de soja, declaradas em estudo de Safras & Mercados (2003).

- Consumo de óleo de soja: o consumo nacional de óleo de soja em 2007 (ABIOVE, 2009) foi fracionado em consumo municipal de óleo, respeitando a proporção da população de cada município em relação à população brasileira, declarada pelo Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2009a).

- Produção de açúcar e álcool: as produções de açúcar e álcool das usinas localizadas na região Norte e Nordeste foram obtidas através do Anuário da Cana 2008 - safra 2006/2007 (PROCANA, 2008). No caso das usinas da região Centro-Sul, as produções correspondentes ao ano safra 2006/2007 por usina foram declaradas por União das Indústrias Canavieiras - UNICA (2009). Essas informações foram agregadas em nível de microrregião.



- Consumo de açúcar: o consumo nacional de açúcar em 2007 corresponde à oferta nacional menos o volume total exportado no mesmo ano, informado por Secretaria de Comércio Exterior - SECEX (2009). Foi segregado em consumo municipal de acordo com a participação da população de cada município em relação à população brasileira, declarada pelo Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2009a).

- Consumo de álcool: os dados de consumo municipal de álcool hidratado em 2007 foram fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo – ANP (2008). O consumo de álcool anidro foi obtido a partir do consumo municipal de gasolina tipo C (dados fornecidos pela Agência Nacional de Petróleo – ANP, 2008) multiplicado pelo percentual de álcool na gasolina adotado em 2007 (25%).

- Produção de milho: foram utilizados os dados de produção municipal de milho disponibilizados pelo levantamento de safras agrícolas realizado por IBGE (2009b), denominado Produção Agrícola Municipal 2007.

- Consumo de milho: os dados finais nacionais de consumo de milho (2007), extraídos de Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2008), primeiramente, foram repartidos em segmentos de consumo (avicultura, suinocultura, bovinocultura, consumo humano e consumo industrial) com base em informações de consumo por segmento em 2007 declaradas pela Associação Brasileira da Indústria do Milho – ABIMILHO (2009). A fração do consumo alocada para o segmento avicultura foi desagregada para consumo municipal proporcionalmente ao plantel de aves de corte de cada município, declarado pela Produção Pecuária Municipal 2007, do IBGE. A parte do consumo referente ao segmento de consumo pela suinocultura foi alocada proporcionalmente ao rebanho de suínos e o consumo de milho encontrado para o segmento bovinocultura foi alocado de maneira proporcional ao tamanho do rebanho bovino, por município. O consumo obtido para os segmentos consumo humano e industrial foi desagregado para consumo municipal, sendo ponderado pela proporção do Produto Interno Bruto (PIB) do setor industrial correspondente a cada município em relação ao PIB brasileiro do setor.

- Produção de trigo: a produção municipal de trigo foi obtida através do levantamento de safras realizado pelo IBGE, denominado Produção Agrícola Municipal 2007 (IBGE, 2009b).

- Consumo de trigo: a partir do consumo nacional de trigo, declarado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2008), a informação foi desagregada para consumo municipal proporcionalmente à capacidade instalada dos moinhos de trigo no ano de 2005, utilizando como fonte de dados, as informações de capacidades reunidas durante o estudo denominado Estimativa da Demanda Ferroviária de Carga no Brasil, realizado pelo Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG, em parceria com a Ernst & Young<sup>2</sup>.

Faz parte do escopo deste trabalho o processamento de resultados em cenários futuros, para avaliar o impacto das obras de expansão ferroviária, hidrovial e dutovial nos fluxos de transporte. Com essa finalidade foram realizadas projeções do nível de oferta e demanda de carga em cada zona para o ano de 2015.

Com base em estimativas para a produção e demanda brasileira, realizadas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES para soja, farelo de soja, óleo de soja, milho, trigo e açúcar, e pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE para o álcool, realizaram-se as estimativas na oferta e demanda nacional para o ano 2015.

---

<sup>2</sup> ESALQ-LOG & Ernst Young. **Capacidade Instalada da Indústria de Trigo (2005).xls**. Piracicaba, 2009. (comunicação pessoal).

O crescimento nacional da produção foi rateado proporcionalmente à taxa de crescimento do estado nos últimos três anos ou proporcionalmente à taxa de crescimento da microrregião, quando existia a série histórica com esses dados. No caso contrário (açúcar, farelo de soja e óleo de soja), a alocação do crescimento para cada microrregião foi proporcional à produção ou demanda daquela zona de carga.

### **3.4 Dados de exportação e importação de produtos**

A estrutura matemática proposta considera que parte da oferta e demanda de produtos pertinentes a um dado centróide é alocada para atender ao mercado interno, sendo que os fluxos que atendem a esse mercado são representados pelo canal de comercialização doméstico; e parte refere-se ao intercâmbio de cargas no comércio internacional, que seria atendido através dos canais de comercialização denominados exportação e importação.

Para estimativa dos parâmetros de exportação, utilizou-se como fonte de dados as informações disponibilizadas pela Secretaria de Comércio Exterior – SECEX (2009), através do sistema *AliceWeb*, sobre a quantidade de cada produto exportada por unidade estadual e por porto, referentes ao ano de 2007.

No caso das importações, as restrições de importação incorporadas ao modelo garantem que a fração do consumo que deveria ser atendida através de fluxos de importação seja originada a partir dos centróides associados aos portos.

Para estimativa dos parâmetros de importação por porto e por unidade estadual, utilizou-se como fonte de dados as informações disponibilizadas pela Secretaria de Comércio Exterior – SECEX (2009), através do sistema *AliceWeb*, referentes ao ano de 2007.

### **3.5 Representação da malha viária de transporte**

As etapas envolvidas no desenvolvimento do modelo proposto para estimativa de demanda de carga ferroviária envolvem a representação de uma rede de transporte multimodal conectando os centróides escolhidos. A rede de transporte considerada é uma representação simplificada da atual rede viária brasileira, estabelecida com base nas distâncias físicas reais que conectam os centróides das microrregiões e mesorregiões consideradas.

As distâncias rodoviárias entre os centróides e entre centróides e pontos de transbordo foram calculadas pelo *software* Transcad, fazendo uso de uma rede viária georreferenciada (digital), disponibilizada pelo Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT)<sup>3</sup>.

A representação da rede ferroviária brasileira corresponde ao conjunto de municípios na vizinhança da malha ferroviária brasileira, que podem realizar operações de transbordo, e determinação das distâncias ferroviárias entre estas localidades. Os pontos de transbordo foram determinados a partir da escolha das principais localidades que têm acesso à malha ferroviária brasileira. Essa seleção buscou desenvolver uma representação da rede ferroviária nacional, que se enquadre nas características reais da infraestrutura das ferrovias brasileiras. As distâncias ferroviárias entre os pontos de transbordo foram calculadas através do *software* Transcad, através da malha viária digital.

---

<sup>3</sup> Disponível em: [www.centran.eb.br](http://www.centran.eb.br)

### 3.6 Estimativa do custo de transporte

Visto que o custo de transporte é a impedância considerada no modelo quando da escolha das melhores alternativas para os fluxos de cargas, é importante apresentar o método utilizado para a estimativa dos valores de frete rodoviários e ferroviários entre os centróides, entre os pontos de transbordo e entre os centróides e os pontos de transbordo.

Para cada uma das rotas foram estimados os valores de fretes, considerando as combinações multimodais. No caso dos trechos hidroviários, o valor do frete foi estimado com base nos valores de mercado praticados atualmente na Hidrovia Tietê-Paraná, para a movimentação de grãos e farelos, disponibilizados pelo SIFRECA (Sistema de Informação de Fretes), com valor proporcional à distância de cada segmento hidroviário. A estimativa da tarifa ferroviária fundamentou-se nas tabelas tarifárias correspondentes a cada ferrovia (Estrada de Ferro Norte-Sul e Companhia Ferroviária do Nordeste) disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres a partir da Resolução ANTT 344/MT. Em relação ao frete rodoviário, o cálculo do frete rodoviário foi balizado pelo custo de transporte rodoviário, disponibilizado pelo SIFRECA, que é calculado a partir do método de custeio de transportes considerando a seguinte estrutura de custos proposta por Lima (2005).

A partir do modelo apresentado para custeio do transporte rodoviário e parâmetros correspondentes aos valores de mercado coletados pelo Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG), os custos fixos foram convertidos em um coeficiente de custo fixo (CF) em R\$/h e os custos variáveis convertidos em um coeficiente de custo variável (CV) em R\$/km. Os dados e parâmetros utilizados correspondem ao mês de dezembro de 2007, para um veículo graneleiro do tipo bitrem basculante com capacidade líquida para 45 m<sup>3</sup> de carga. Além disso, considerou-se uma velocidade média de percurso igual a 60 km/h e 2 h para cada operação de carga ou descarga do veículo. Por fim, o valor de frete estimado para cada rota foi calculado a partir das seguintes equações:

$$C_{fixo}(RS) = \left[ \frac{Distância (km)}{Velocidade \left(\frac{km}{h}\right)} + tempo de carreg e descarreg (h) \right] \times CF \left(\frac{RS}{h}\right) \quad (1)$$

$$C_{variável}(RS) = [Distância (km)] \times CV \left(\frac{RS}{km}\right) \quad (2)$$

$$Preço_{viagem} \left(\frac{RS}{t}\right) = \left( \frac{C_{fixo}(RS) + C_{variável}(RS)}{capacidade de carga líquida (t)} \right) \quad (3)$$

A partir das estimativas dos valores de frete nos trechos rodoviários, ferroviários, hidroviários adicionados do custo com operações de transbordo, chegou-se ao custo de frete correspondente a cada rota rodoviária e multimodal proposta para análise.

O método de custeio de transporte foi indicado para o desenvolvimento deste trabalho já que o zoneamento adotado resulta num número significativo de combinações Origem-Destino, sendo que para grande parte delas não existiam valores de frete reais realizados nas rotas. Contudo, faz-se importante comparar os valores indicados pelo modelo para estimativa do custo de transporte com valores de mercado reais. Para esse fim, reuniu-se uma série de rotas e os fretes reais praticados referentes ao ano de 2007, disponíveis no

banco de dados do Sistema de Informações de Fretes - SIFRECA. A comparação entre o custo de transporte estimado e os valores de mercado é apresentada nas Figuras 1 a 4.

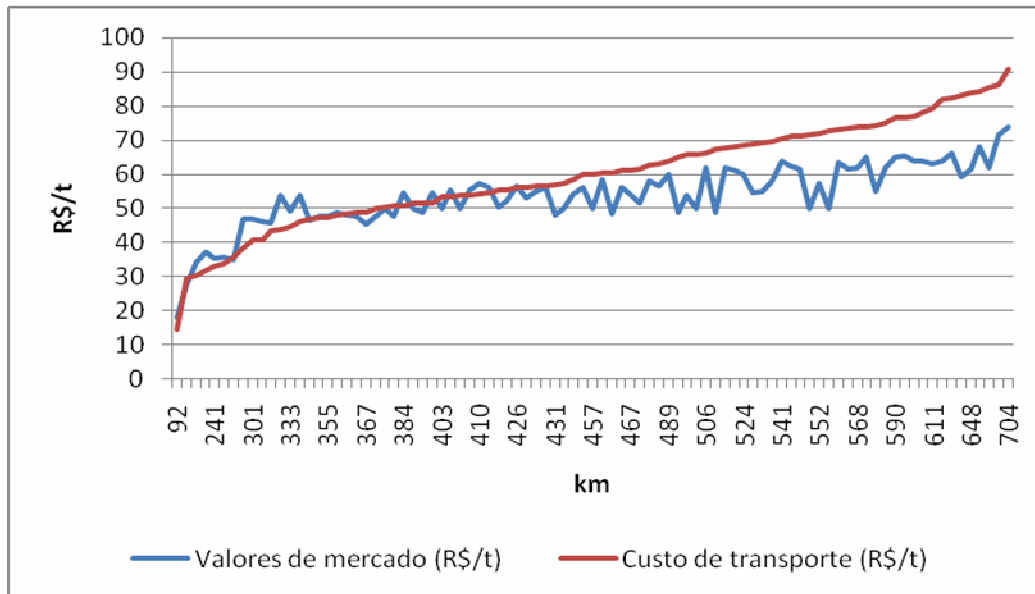


Figura 1 – Comparação entre valores de frete praticados e custo de transporte estimado para diferentes rotas de açúcar, 2007

Fonte: SIFRECA (2008).

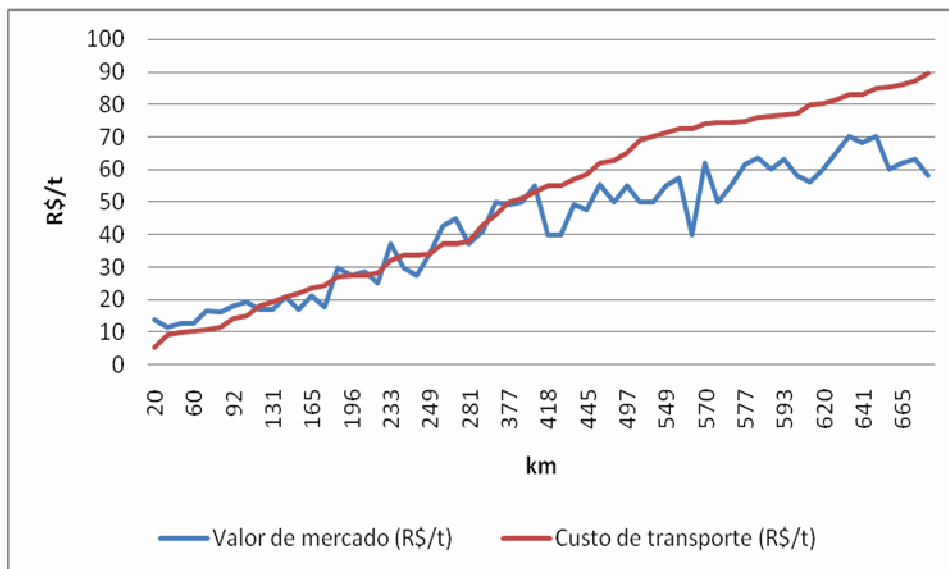


Figura 2 – Comparação entre valores de frete praticados e custo de transporte estimado para diferentes rotas de soja, 2007

Fonte: SIFRECA (2008).

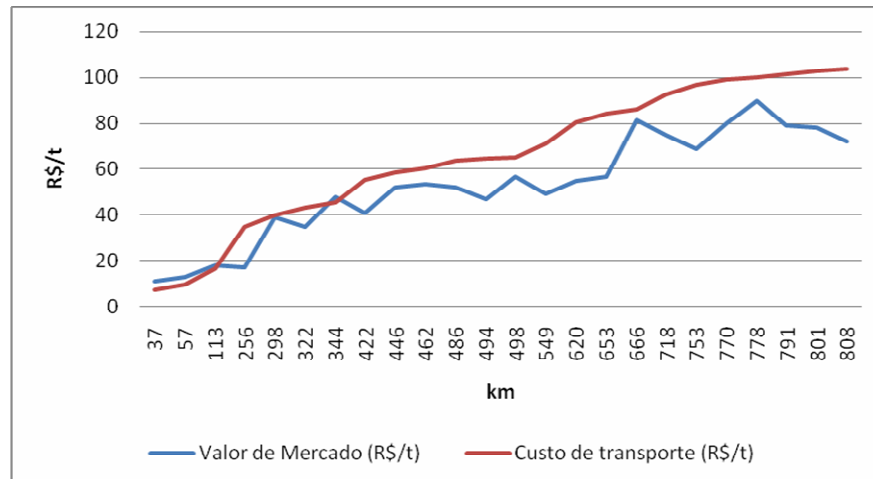


Figura 0 – Comparação entre valores de frete praticados e custo de transporte estimado para diferentes rotas de farelo de soja, 2007

Fonte: SIFRECA (2008).

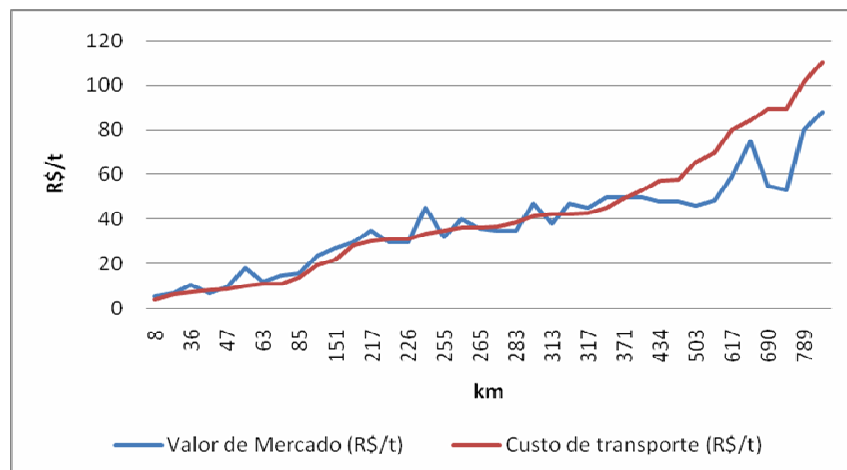


Figura 4 – Comparação entre valores de frete praticados e custo de transporte estimado para diferentes rotas de milho, 2007

Fonte: SIFRECA (2008).

#### 4 IMPACTOS DECORRENTES DE NOVOS PROJETOS LOGÍSTICOS PARA A LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL BRASILEIRA NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS CORREDORES CENTRO-OESTE, CENTRO-NORTE E NORDESTE

O modelo matemático especificado também gerou resultados a partir de projeções dos níveis de oferta e demanda de carga para o ano de 2015. Esse “cenário futuro” leva em consideração a produção futura estimada e os principais projetos de expansão das ferrovias, hidrovias e alcooldutos. A malha ferroviária pertinente aos cenários futuros contempla:

- i) Ferrovia Norte-Sul ligando Senador Canedo (GO) até Açailândia (MA);
- ii) Nova Transnordestina operando entre Eliseu Martins (PI) e os portos de Pecém (CE) e Suape (PE);
- iii) Ferrovia Oeste-Leste conectando a região de Luís Eduardo Magalhães (BA) ao Porto de Ilhéus (BA);
- iv) Ferroeste operando entre Cascavel (PR) e Maracaju (MS).

No caso dos projetos hidroviários, foram adicionados os seguintes trechos hidroviários:

- i) Hidrovia Teles-Pires, ligando Cachoeira Deitada (MT) ao Porto de Santarém;
- ii) Hidrovia do Tocantins, operando entre Peixes (TO) e Estreito (MA).

Para análise do comportamento dos fluxos de álcool, é importante considerar os projetos dutoviários destinados ao transporte de etanol que podem vir a ser implantados ao longo dos próximos anos. Uma série de agentes declarou intenções na construção de infraestrutura dutoviária para o transporte de etanol, sendo que a configuração da malha de alcooldutos sugerida para análise nesse cenário futuro específico envolve os seguintes projetos:

i) Alcoolduto proposto pela UNICA (União das Indústrias Canavieiras), que ligaria Anhembi (SP) a Paulínia (SP) e Santos (SP).

ii) Alcoolduto proposto pela BRENCO (Empresa Brasileira de Biocombustíveis), que ligaria Alto Taquari (MT) a Paulínia (SP) e Santos (SP), passando por Costa Rica (MS), Paranaíba (MS) e São José do Rio Preto (SP).

iii) Alcoolduto proposto pela TRANSPETRO (Petrobras Transportes S.A.), que ligaria Senador Canedo (GO) a Paulínia (SP) e o Porto de São Sebastião (SP), passando por Uberlândia (MG), Uberaba (MG) e Ribeirão Preto (SP).

Para a simulação dos fluxos no “cenário futuro”, foram realizadas projeções para 2015 dos níveis de oferta e demanda em cada zona de carga, conforme documentado na seção de material e métodos desse relatório. O superávit de oferta de cada produto no Brasil foi considerado como volume de exportação e o déficit como quantidade importada. Como as regiões de fronteiras agrícolas (BA, TO, MA, PI, MT, GO) vêm crescendo num ritmo mais acelerado, considerou-se que dois terços do aumento das exportações em relação aos valores observados para o “cenário atual” seriam adicionados às quantidades exportadas pelas regiões de fronteira agrícola, de forma proporcional aos valores de exportação estadual adotados para o “cenário atual”. O restante seria acrescentado à exportação estadual das áreas mais antigas de produção. No caso da quantidade exportada ou importada através de cada terminal portuário, o modelo foi restringido a uma movimentação mínima em cada porto, com base nos níveis observados em 2007, sendo que o acréscimo de exportação ou importação no “cenário futuro” foi alocado livremente entre as opções portuárias consideradas neste trabalho.

Cabe reforçar que o “cenário futuro” considerou os projetos de ampliação da malha ferroviária, hidroviária e a implantação dos alcooldutos.

A partir de uma análise mais detalhada dos fluxos multimodais de soja, farelo de soja e óleo de soja ao longo do corredor Centro-Oeste sob as premissas do “cenário futuro”, observa-se uma captação importante de carga na região de Maracaju, decorrente da expansão da malha ferroviária da Ferroeste, entre Cascavel (PR) e Maracaju (MS). Também como consequência, verifica-se uma diminuição dos embarques desses produtos na região de Maringá (PR), já que grande parte dos fluxos com potencial de transporte entre esse terminal e o Porto de Paranaguá tem como origem as regiões produtoras de grãos do Mato Grosso do Sul. Ademais, observam-se aumentos expressivos da captação de carga nas regiões de fronteiras agrícolas, como é o caso de Alto Taquari (MT) e de Ipameri (GO).

Em relação ao corredor de transporte Nordeste, destaca-se a captação dos produtos soja, farelo de soja e óleo de soja, decorrentes da implantação da Ferrovia Oeste-Leste, sendo que os resultados apontaram um potencial de captação de 2.800 mil t/ano para essa ferrovia. Ainda mostram-se relevantes os fluxos entre Pirapora (MG) e o Porto de Vitória,

através da FCA. Quanto à ampliação da malha da Transnordestina o modelo apontou um potencial de captação de produtos do complexo soja em Eliseu Martins, mas um volume relativamente menor.

Quanto às novas localidades de captação multimodal de cargas decorrentes da expansão da Ferrovia Norte-Sul em direção a Senador Canedo (GO), destacaram-se as regiões de Gurupi (TO), Porto Nacional (TO) e Guaraí (TO) como localidades para implantação de operações de transbordo dos produtos do complexo soja. Os resultados do modelo apontaram um total de 2.500 mil t/ano dessas cargas com potencial de utilização da ferrovia em 2015.

No caso do açúcar, não foram observadas grandes alterações dos fluxos de carga, sendo que as principais localidades para captação multimodal desse produto ainda concentram-se no corredor Centro-Oeste, mas observaram-se variações dos volumes decorrentes do crescimento projetado da oferta, demanda e exportações do produto.

Ao longo do corredor Centro-Norte merece destaque a captação de açúcar pela Ferrovia Norte-Sul a partir de Gurupi (TO). Também foram observados fluxos com potencial de movimentação através da Hidrovia Tocantins-Araguaia, embarcando na localidade de Peixe (TO). Contudo, ambas as localidades apresentaram potencial de captação multimodal pouco expressivo, em termos de volumes.

Quanto aos fluxos multimodais de álcool indicados pelos resultados do modelo matemático para o cenário futuro, merece destaque a captação de álcool através do projeto de alcoolduto da BRENCO, previsto para ligar Alto Taquari (MT) a Santos (SP). As principais localidades que captam carga para essa infraestrutura, segundo os resultados, são São José do Rio Preto (SP) e Paranaíba (MS). Além disso, observou-se uma captação de álcool em Anhembi, através do duto proposto pela UNIDUTO. Em relação aos fluxos ferroviários, destacaram-se as localidades de Maringá (PR), Ourinhos (SP), Bebedouro (SP), Dourados (MS), como possíveis pontos de transbordo para as ferrovias.

## **5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O modelo proposto para estimativa dos fluxos inter-regionais mostrou-se uma ferramenta adequada para fins de avaliação do potencial de utilização da multimodalidade.

A análise dos resultados realça como pode ser importante o uso desta ferramenta para uso em atividades relacionadas ao planejamento estratégico de um sistema de transportes. A partir dos resultados obtidos é possível extrair informações relevantes para estudos de viabilidade econômica de projetos de implantação de vias de transporte, dimensionamento de vias, análise do impacto da concorrência entre os modais de transporte e avaliação de outras questões que podem auxiliar a condução de políticas de planejamento e regulação dos sistemas de transporte de cargas.

Os resultados apresentados pelo modelo de transporte considerado neste estudo propiciaram a identificação das principais localidades que apresentam potencial de captação multimodal de cargas. A análise destes resultados gera importantes subsídios para a seleção dos locais com potencial para instalação de mecanismos e equipamentos de transferência de cargas, além de auxiliar no dimensionamento dessas infraestruturas.

Também é um resultado importante do ferramental desenvolvido a identificação das zonas de cargas que apresentam potencial captável pelas ferrovias, hidrovias e dutovias, ou seja, possibilita a identificação das regiões que revelam potencial para uso da multimodalidade.

Os resultados também apontaram as principais cargas agrícolas que revelam aptidão para movimentação através de alternativas multimodais, sendo esta informação relevante para o planejamento estratégico dos fluxos de transporte.

Outro subsídio para a decisão dos agentes envolvidos no planejamento estratégico da infraestrutura de transporte refere-se à avaliação dos impactos decorrentes dos projetos de expansão das malhas ferroviária, hidroviária ou dutoviária na captação de carga pelas alternativas multimodais. Este tipo de análise é importante para mensuração dos benefícios ou receitas gerados pelos projetos infraestruturais em curso.

Cabe ressaltar que os resultados e informações fornecidas pelo método desenvolvido não são suficientes para inferências a respeito da viabilidade econômica das alternativas multimodais. As informações decorrentes da aplicação do modelo refletem de forma unilateral o comportamento dos agentes embarcadores, não sendo consideradas pelo modelo as decisões dos transportadores, que estariam relacionadas à viabilidade econômica de se promover a alternativa de transporte desejada pelos embarcadores.

Os parâmetros utilizados no modelo referem-se basicamente aos níveis de produção, consumo, exportação e importação relativos às unidades geográficas definidas no zoneamento, além do custo de transporte para movimentação das cargas através da rede de transporte considerada. A priori, estas são informações que podem ser levantadas com relativa facilidade. Cabe ressaltar que o uso de modelos mais complexos de estimativa de fluxos inter-regionais e de escolha modal (por exemplo, os modelos de Equilíbrio Espacial e os modelos de Escolha Discreta, como o modelo Logit Multinomial) exige parâmetros adicionais, necessários para a calibração das funções de oferta e de demanda ou para calibração da função utilidade correspondente aos agentes embarcadores. Estas informações não se encontram facilmente disponíveis e podem demandar extensas pesquisas de campo. A dificuldade para calibração destes tipos de modelos é ainda maior no caso de estudos de demanda de carga que recorrem à análise dos fluxos de vários produtos.

No Brasil ainda não existem pesquisas sistemáticas dos níveis de oferta e demanda num nível de desagregação adequado para este tipo de modelagem, sendo que o desenvolvimento e disponibilização dessas informações são de fundamental importância para os estudos de fluxos inter-regionais e para o planejamento e análise dos sistemas de transporte.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho resume parte dos resultados obtidos a partir dos seguintes projetos: “Modelo Matemático de Otimização Logística para o Transporte Multimodal de Safras Agrícolas pelo Corredor Centro-Oeste”, “Modelo Matemático de Otimização Logística para o Transporte Multimodal de Safras Agrícolas pelo Corredor Centro-Norte” e “Modelo Matemático de Otimização Logística para o Transporte Multimodal de Safras Agrícolas pelo Corredor Nordeste”, desenvolvidos por meio dos Convênios 01.07.0783.00, 01.07.0773.00 e 01.07.0772.00, respectivamente<sup>4</sup>. Tais Convênios foram estabelecidos entre a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e a Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), executados pela Universidade de São Paulo (USP), por intermédio da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), através do Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG), tendo ainda como co-executores a Fundação Universidade Federal de Mato Grosso (FUFMT), Fundação Universidade Estadual de Maringá (FUEM), a Fundação Universidade Federal do Tocantins (FUFT), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Gismaps Sistemas Ltda. Agradece-se, portanto, a todas instituições envolvidas assim como aos seguintes pesquisadores (a maior parte deles apoiada por bolsas fornecidas pelo CNPq, agência de fomento à qual também são estendidos os agradecimentos): Ana Paula Faretto, André Luís Arthuso Cuevas, Bruno Fernando

---

<sup>4</sup> A íntegra dos relatórios finais referentes a tais Convênios está disponível para *download* no endereço [log.esalq.usp.br/franca](http://log.esalq.usp.br/franca)



de Oliveira, Carlos Eduardo Osório Xavier, Carolina de Freitas Oliveira, Ciro Villela Oliva, Claudia Maciel de Lemos, Claudirene Romero de Oliveira, Daniel Gerard Eijsink, Daniel Godoy Penteado Bragado, Daniela Cristina Passoni, Diogo Galvão Levez, Edson Roberto da Silva Michelin, Erica Gomes da Silva, Fernando Vinícius da Rocha, Flávia Zaparoli Beretta, Gabriela Fernandes Begiato, Heiko Rossmann, Isabela Vescove Primiano, Joseane Thereza Bigaran, Leandro Bernardino de Carvalho, Leandro Henrique Guglielmin Tizato, Leticia Corassa Neves, Luis Claudio Oliveira do Nascimento, Maria Andrade Pinheiro, Maria Clara Silva Serafim, Mariana Soto Silva, Maristela Minatel, Michael Camacho Roulet, Nermano Franco Ferreira, Priscila Biancarelli Nunes, Rafael Vassolér Torres, Renan Buselli Menezes, Rhuana Reijers, Ricardo de Campos Bull, Rodrigo Amâncio Briozo, Rodrigo Scapin Rosa, Rodrigo Viviani, Tatiana Beatriz de Oliveira Goudromilhos, Thiago Marques Baptista, Vanessa Duarte Rubia, Walter Henrique Malachias Paes, Bryan Mariano Martinez Alves, Daniel Latorraca Ferreira, Fernanda Helen Mansano, Saulo Ribeiro, Adriano Tenorio Pereira, Bruno Cesar Fleuri Siqueira, Bartira Maria Cechinel, Sarah Afonso Rodovalho, Lavine Silva Matos, Regys Fernando de Jesus Araújo, José Eduardo Holler Branco, Augusto Hauber Gameiro, José Manuel Carvalho Marta, Ricardo Luís Lopes, Betty Clara Bazarra de La Cruz, Warli Anjos de Souza, Vitor Pires Vencovsky.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Consumo de combustíveis.xls. Rio de Janeiro, 2008. (comunicação pessoal).
- AHUJA, R.K. **Network flows: theory, algorithms, and applications**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1993. 846 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. Disponível em: <[http://www.abiove.com.br/exporta\\_br.html](http://www.abiove.com.br/exporta_br.html)>. Acesso em: 16 mar. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO - ABIMILHO. **Milho - Brasil - Estimativa de consumo por segmento**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br>>. Acesso em: 12 jan. 2009.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Levantamento da safra agrícola 2007**. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 12 nov. 2008.
- DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO - Secretaria do Transporte Hidroviários do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.transportes.sp.gov.br/v20/boletim.asp>>. Acesso em: 16 mar. 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 abr. 2009a.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção agrícola municipal 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2009b.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção pecuária municipal 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2009c.
- LIMA, M. P. **O custeio do transporte rodoviário**. 2005. Disponível em: <[www.ilos.com.br](http://www.ilos.com.br)>. Acesso em: 23 abr. 2009.
- PROCANA. **Anuário da Cana 2008**. 2008. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com>>. Acesso em: 05 jan. 2009.
- SAFRAS & MERCADOS. **Capacidades.xls**. São Paulo, 2003. (informação pessoal).
- SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR - SECEX. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 18 mar. 2009.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES - SIFRECA. **Fretes.xls**. Piracicaba, 2008. (informação pessoal).
- UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 20 mar. 2009.