ÍNDICES DE PREÇO PARA O TRANSPORTE DE CARGAS: O CASO DA SOJA A GRANEL

AUGUSTO HAUBER GAMEIRO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Economia Aplicada.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Maio - 2003

ÍNDICES DE PREÇO PARA O TRANSPORTE DE CARGAS: O CASO DA SOJA A GRANEL

AUGUSTO HAUBER GAMEIRO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **JOSÉ VICENTE CAIXETA-FILHO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Economia Aplicada.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Maio - 2003

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

Gameiro, Augusto Hauber
Índices de preço para o transporte de cargas : o caso da soja a granel / Augusto Hauber Gameiro. - - Piracicaba, 2003.
284 p. : il.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003.
Bibliografia.

1. Economia de transportes 2. Frete 3. Índice de preços 4. Transporte de carga I. Título

CDD 338.17334

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

Dedico a...

Rosália Moreira Hauber

Mara Eunice Hauber Gameiro

Mariana Bombo Perozzi Gameiro

Pelo seu mais puro amor que regra a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor José Vicente Caixeta-Filho. Nos últimos sete anos da minha vida, desde o início de minha carreira acadêmica, tive o privilégio de contar com a orientação e amizade dessa pessoa que considero como um verdadeiro Mestre.

Agradeço ainda, ao Prof. Caixeta, pela compreensão que dispensou para comigo durante a realização desta tese. Passei por diversos desafios particulares que em um ou outro momento dificultaram o meu desempenho. Entretanto, graças à sua compreensão e à dedicação mútua pude superar as dificuldades e atingir o objetivo.

À minha querida companheira e esposa Mariana: tudo teria sido muito mais fácil se eu a tivesse encontrado antes! Além de agradecer ao apoio incondicional nas diversas horas de privação quando me dedicava à pesquisa, agradeço pela sua colaboração nas discussões teóricas, revisões bibliográficas e gramaticais. Espero algum dia ter a oportunidade de retribuir sua enorme colaboração.

Aos professores que participaram ativamente das diversas etapas de conclusão do meu doutorado: Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros, Miriam Rumenos Piedade Bacchi, Orlando Fontes Lima Júnior e Newton Rabelo de Castro Júnior. O conhecimento e experiência transmitidos por eles jamais serão esquecidos.

Ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da ESALQ/USP, onde atuo profissionalmente, na figura dos meus coordenadores, Professores Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros e Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho. Eu lhes agradeço por todo o apoio que me foi dispensado e, principalmente, pela compreensão no que se refere às limitações decorrentes da minha atuação *part-time* CEPEA-Doutorado. Além de agradecer, manifesto minha sincera admiração pessoal e

profissional a esses dois colegas que contribuíram significativamente para o meu desenvolvimento pessoal e acadêmico.

Por falar em CEPEA, reservo um agradecimento muito especial à minha equipe de funcionários e estagiários, que souberam conduzir com dedicação, seriedade e eficiência nossos trabalhos no Centro, mesmo em minha ausência: Shirley Martins Menezes, Paulo Nazareno Almeida, Tiago Sarmento Barata, Priscilla Perez e Fábio Isaias Felipe. Mais que a minha equipe, têm sido a minha família.

Agradeço aos pesquisadores e estagiários do Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA), da ESALQ/USP, que forneceram gentilmente os dados para a realização da minha pesquisa.

Ao meu amigo e sócio Heiko Rossmann. Agradeço pela amizade, confiança e competência que sempre teve na condução dos nossos trabalhos. Mais ainda, pela eficiência na concretização das nossas idéias em prol da agricultura brasileira.

Além dos professores que participaram da minha formação, alguns profissionais, colegas e amigos prestaram-me orientações que foram relevantes para a realização da minha pesquisa. Eu agradeço a Fábio Mattos, Alexandre Nunes, Carlos Estevão Leite Cardoso, Ricardo Luis Lopes, Vânia di Addario Guimarães e Francisco Pino, pelas suas reflexões teóricas que muito contribuíram para o meu trabalho.

Agradeço à secretária da pós-graduação do Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Maria Aparecida Maielli Travalini, e à bibliotecária Ligiana Clemente do Carmo. O apoio dessas profissionais e amigas sempre foi fundamental para a realização das pesquisas dos alunos no Departamento.

Finalmente, agradeço com muito carinho aos meus familiares, sempre presentes nos momentos importantes. À minha família piracicabana: meus sogros José Roberto e Elisabete, minha cunhada Thaís e avó Leonor. À minha família gaúcha: meus pais João Luís e Mara, meus irmãos Gustavo e Paula, minha avó Rosália e à Maria Luíza.

SUMÁRIO

Página

RESUMO..... xi

SUMMARY..... xiii

1INTRODUÇÃO..... 1

1.1 Objetivos..... 3

1.2 Estrutura da tese..... 4

2 TRANSPORTE DE CARGAS AGROINDUSTRIAIS…….. 7

2.1 Transporte da soja em grão……. 12

2.2 Fundamentos teóricos da formação do preço do frete……. 18

2.3 Considerações finais..... 39

3 TEORIA DOS NÚMEROS-ÍNDICE PARA PREÇOS…….. 41

3.1 Antecedentes e fundamentos teóricos…… 41

3.2 Considerações finais…… 68

4 ÍNDICES PARA TRANSPORTES..……... 71

4.1 Índices do *Bureau of Labor Statistics*…… 72

4.2 Índices da *Shangai Shipping Exchange*..... 76

4.3 Índices de transporte da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas..... 82

4.3.1 Índice Nacional de Variação de Custos do Transporte Rodoviário de Carga .. 82

4.3.1.1 $INCT_R$ ……..... 85

4.3.1.2 $INCTR_{CE}$ ……..... 86

4.3.2 Índice de Custos do Transporte Coletivo Urbano Sobre Rodas..... 87

4.4 Sistema de Informações de Fretes (Sifreca) ……..... 88

4.5 Índices do Báltico……..... 91

4.6 Outros índices de frete……..... 99
4.6.1 *Volume Index of Freight Expenditures and Shipments (VIFES)*…….. 99
4.6.2 *International Tanker Freight Index Limited (ITFIL)*…… 100
4.6.3 *Indian Road Freight Index (IRFI)*…….…. 101
4.6.4 Índices de empresas de serviços marítimos..... 103
4.7 Considerações finais.....……..... 103
5 METODOLOGIA……..... 107
5.1 Construção dos índices……..... 107
5.1.1 Definição dos objetivos do índice……..... 107
5.1.2 Definição do modelo econômico……... 109
5.1.3 Definição dos determinantes da função agregação……..... 110
5.1.4 Definição dos níveis de agregação……..... 115
5.1.5 Definição da base de comparação……..... 116
5.1.6 Definição da fórmula de cálculo da função agregação..... 118
5.1.7 Definição do processo de amostragem..... 119
5.1.8 Avaliação dos índices…….……..... 120
5.2 Estudo de caso: índices de frete para soja……..... 120
5.2.1 Tratamento 1……..... 122
5.2.2 Tratamento 2……...……..... 127
5.2.3 Tratamento 3……...……..... 133
5.2.4 Tratamento 4……...……..... 144
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO....…….. 149
6.1 Análise do comportamento do preço do frete..... 149
6.2 Índices resultantes do estudo de caso……... 153
6.2.1 Tratamento 1……...……..... 153
6.2.2 Tratamento 2……...……..... 166
6.2.3 Tratamento 3……...……...……...…… 185
6.2.4 Tratamento 4……...……...……...…… 189
6.3 Considerações finais..... 194
7 CONCLUSÕES……...……...……...…….. 199

ANEXOS……...……...……...……. 207
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....……...……...……..... 235
APÊNDICES..... 247

ÍNDICES DE PREÇO PARA O TRANSPORTE DE CARGAS:
O CASO DA SOJA A GRANEL

Autor: AUGUSTO HAUBER GAMEIRO
Orientador: Prof. Dr. JOSÉ VICENTE CAIXETA-FILHO

RESUMO

Esta pesquisa foi motivada pela necessidade de desenvolvimento de uma metodologia para elaboração de índices de preços para os fretes de cargas agroindustriais no Brasil. O estudo das principais fórmulas utilizadas na elaboração dos índices culminou com a apresentação de um *ranking* segundo sua superioridade no atendimento às aproximações. Concluiu-se que os índices de Fisher e Walsh são aqueles capazes de atender ao maior número de preceitos lógicos, estatísticos e econômicos. Em seguida surgem os índices geométricos de Vartia, Törnqvist e Theil. Os índices de Laspeyres e Paasche, apesar de apresentarem algumas sérias limitações, acabam sendo amplamente utilizados na prática devido à fácil operacionalização. A pesquisa sobre os índices existentes para o transporte ratifica a idéia de que o Índice de Laspeyres é o mais utilizado. Essa análise ainda mostrou que os índices geralmente são elaborados com rotas bem definidas, para modais e tipo de carga bem definidos. A presente pesquisa apresentou um estudo de caso objetivando avaliar as variações nos procedimentos possíveis para a elaboração dos índices. A utilização de um estudo específico é justificada pela necessidade de se avaliar empiricamente os resultados obtidos a partir de índices distintos. Nesse sentido, foi escolhido o transporte rodoviário da soja a granel no

Brasil. Foram realizados quatro tratamentos. Os tratamentos 1 e 4 mostraram-se mais adequados para a obtenção de um índice para o nível geral de frete. O primeiro, entretanto, apresenta baixa capacidade em fornecer informações mais desagregadas (sub-índices), uma vez que apresenta apenas agrupamento por faixas de distância. O quarto tratamento, por utilizar equações do preço em função da distância, deve ser considerado com ressalvas no fornecimento de sub-índices específicos. A principal vantagem que se espera desse tratamento é o conhecimento do nível geral dos preços sem perda de informações. Esse tratamento, sob o ponto de vista das aproximações, parece bastante razoável: atende à maior parte dos testes axiomáticos, está baseado em fundamentos estatísticos sólidos e utiliza uma função econômica que, estimada, fornece uma relação entre preço e quantidade. Os tratamentos 2 e 3, por sua vez, procuraram, por meio da desagregação, dispor de uma maior riqueza de informações, apresentando sub-índices por faixas de distância e regiões de origem e destino. Contudo, essa vantagem implica um esforço significativamente maior no processo de amostragem. A principal conseqüência de se trabalhar com informações incompletas é a ocorrência de sérias distorções (vieses) nos resultados finais.Em termos de informações para ponderação, foram testadas duas possibilidades: uma através da utilização da própria amostra (a distância percorrida), outra com o uso de informações exógenas (no caso, de uma matriz origem-destino que foi construída para esse fim). Recomenda-se a utilização de matrizes origem-destino, baseando-se no argumento de que isso diminuiria a responsabilidade sobre o processo amostral que, além dos preços, deveria também abranger as quantidades movimentadas. A realização da pesquisa permitiu a obtenção da variação acumulada no nível geral de preços para o transporte rodoviário de soja no Brasil no período entre fevereiro de 1998 e março de 2002. De acordo com os resultados dos tratamentos 1 e 4, essa variação teria sido de 76%.

PRICE INDEXES FOR CARGO TRANSPORT:
THE BULK SOYBEAN CASE

Author: AUGUSTO HAUBER GAMEIRO
Adviser: Prof. Dr. JOSÉ VICENTE CAIXETA-FILHO

SUMMARY

This research was motivated by the necessity of developing a methodology to elaborate price indexes to cargo freights for agroindustrial products in Brazil. The study on the most used mathematical formulas to elaborate indexes resulted in a ranking that considers their superiority in terms of theoretical approximations. It was concluded that Fisher and Walsh indexes are those that attend most of the logical, statistical and economic principles, followed by the geometric indexes, like Vartia, Törnqvist and Theil. Laspeyres and Paasche, in spite of their limitations, are widely used in practice. The research on the existing transportation indexes ratifies the idea that the Laspeyres is the most used. The analysis also showed that these indexes are generally calculated considering well-defined routes to specific transportation modes and cargoes. A case study was selected to evaluate variations on possible procedures to index elaboration. The utilization of a specific study is justified by the need of empirically evaluating the results to be obtained through different indexes. In view of that, it was chosen the bulk soybean hauled by road transport in Brazil. Four treatments were conducted. The treatments 1 and 4 seemed to be more suitable to calculate an index for a general price level. The first one, nevertheless, shows low capacity to supply less aggregated

information, provided that has only items related to different distances groups. The fourth, which uses equations of price in function of distance, should be carefully considered when referring to sub-indexes transparency. The main advantage of this treatment is the knowledge of general price level without information loss. This treatment, under the theorical approach, looks quite reasonable: it attempts to the majority of axiomatic tests, is based on statistics foundation and uses an economic function that, when estimated, gives the relation between price and quantity. The treatments 2 and 3, in their turn, try to rank more information through disaggregation, showing sub-indexes for distances groups and origin and destination regions. On the other side, this advantage causes the need of significantly more efforts (large number of observations) in sampling process. The outcome of incomplete information is the occurrence of distortion (errors) in final results. Related to the weighting system, two possibilities were tested: using the own sample as the main source (traveled distance), or using exogenous information (in this case, from an origin-destination matrix built for this purpose). It's recommended the employment of origin-destination matrixes, based on the argument that this would reduce the responsibility over the sampling process that, beyond the prices, should comply the volumes that were transported. As a result, it was obtained that the general price level variation of the soybean transported by road in Brazil, between February 1998 and March 2002, was 76%, considering the treatments 1 and 4.

1 INTRODUÇÃO

Os números-índice (ou simplesmente "índices") são informações de relevância em uma série de aplicações econômicas. Os índices são capazes de expressar diversos fenômenos, tais como a elevação do nível de preços, o incremento na produção, a valorização de uma moeda, dentre outros tantos.

Esta pesquisa é motivada pela necessidade de desenvolvimento, acompanhamento e análise de índices de preços para os fretes de cargas agroindustriais no Brasil. Essas cargas envolvem desde as matérias-primas disponibilizadas na forma de granéis sólidos (soja, milho e arroz, por exemplo), quanto aqueles produtos provenientes do processamento de produtos agrícolas, tais como o suco de laranja, o óleo de soja, a pluma de algodão, as carnes, as polpas de frutas, dentre outros

A percepção da relevância da participação do frete sobre a comercialização desses produtos indica a importância da existência de mecanismos de análise dessa natureza.

Os produtos agroindustriais, em especial os granéis sólidos, apresentam um baixo valor agregado. Por outro lado, as regiões produtoras e consumidoras muitas vezes são bastante distantes, pela natureza migratória da agricultura para regiões de fronteira agrícola. Conjuntamente, esses fatores conferem custos significativos à distribuição dos produtos.

A flutuação dos preços dos produtos agrícolas, decorrente das características naturais dos cultivos, é outro aspecto que deve ser considerado. Geralmente em períodos de colheita há uma concentração na oferta, acompanhada de redução nos preços relativos e maior necessidade de escoamento da produção. Esse contexto implica aumento na demanda por serviço de transporte, que tende a ter seu preço elevado. Portanto, tem-se a

combinação de preço baixo da carga com preço elevado do transporte. Esta é a principal característica da logística agroindustrial.

A disponibilidade de informações que venham permitir o melhor entendimento dessas relações tem a contribuir para o desenvolvimento do sistema de distribuição dos produtos agrícolas.

O preço do transporte, o frete, é determinado por uma série de fatores, sejam eles intrínsecos ao serviço de transporte (como o custo operacional do frete), ou mesmo relacionados ao mercado do produto a ser movimentado, como seu preço, por exemplo.

O conhecimento desses determinantes é necessário para que o preço do transporte e, conseqüentemente, sua evolução ao longo do tempo possa ser analisada.

Decorrem da conjugação dessas variáveis, preços e quantidades do serviço, que evoluem das mais distintas maneiras. Tem-se um conjunto de informações dispersas cujo melhor entendimento pode ser conseguido pela sua sistematização lógica. A teoria dos números-índice, especialmente aplicada a preços, é capaz de fornecer o caminho para essa sistematização.

A utilização de índices de preços sempre recebeu destaque na Ciência Econômica. São procedimentos matemáticos que, como tal, são precisos nos seus resultados. O desafio consiste em sua formulação representar adequadamente os fenômenos socioeconômicos que se pretende analisar. Desses esforços surgiu uma série de contribuições acadêmicas visando a elaboração dos índices.

Diz-se que os índices de preços objetivam mensurar o não-observável. No caso dos índices de preços ao consumidor, que são os mais empregados, o mesmo objetiva medir a evolução geral do custo de vida. Parece bastante clara a subjetividade por trás da missão. Cada consumidor tem a sua (e exclusivamente sua) utilidade. Para esse, um determinado preço pode significar uma coisa (um custo), para outro, uma coisa bem distinta.

Com esse exemplo procura-se expor a subjetividade e o caráter empírico por trás da construção dos índices de preço. Mas isso não os desmerece como informações relevantes e muito menos implica sua desconexão com a teoria, seja ela qual for (do consumidor, da firma etc.). Muito pelo contrário, devido ao seu caráter subjetivo, as

teorias se fazem ainda mais necessárias para que os resultados aproximem-se ao máximo de uma representação geral do que se propõe mensurar.

Os indicadores podem ser utilizados com o propósito de comparar variáveis que apresentam unidades distintas e/ou que evoluem em proporções não-uniformes. Mais do que isso, objetivam sintetizar, em um ou em alguns poucos números, a evolução de diversas informações.

Para que a sistematização seja obtida, evidentemente é necessária a disponibilidade dos dados. O processo de amostragem tem papel central neste contexto. O levantamento das informações básicas, porém, é um trabalho oneroso, limitado aos recursos das instituições. Os preceitos estatísticos são relevantes no sentido de orientar o máximo de precisão capaz de ser obtido com as limitações existentes.

Objetivamente, a construção de um índice de preço deve ser sustentada em dois pilares: (i) uma formulação teórica adequada para o fenômeno que se deseja analisar - no caso, a evolução dos preços dos fretes para cargas agrícolas; e (ii) sua aplicação à realidade e conseqüente avaliação empírica, tendo em vista o cumprimento (ou não) dos seus objetivos previamente determinados.

1.1 Objetivos

O objetivo central da tese é o desenvolvimento e a proposta de uma metodologia para a elaboração de índices de preço de frete para cargas agrícolas.

Para se alcançar tal objetivo, realizou-se uma revisão sobre a formação do preço do transporte. Modelos econômicos de determinação do frete foram estudados, procurando-se eleger um que pudesse servir de fundamento para a elaboração dos índices de preço.

Foi realizada uma pesquisa sobre índices de preço, tanto no que se refere à sua estrutura teórica, denominada "Teoria dos Números-Índice", quanto ao conhecimento dos índices de preços de maior expressão, sejam os específicos para transporte, sejam índices de natureza diversa, existentes no Brasil e em outros países. O estudo dos índices existentes envidou esforços na busca daqueles relacionados a preços ou custos de frete,

ainda que os demais também tenham recebido atenção, como os de custo de vida, de ações etc.

Com o entendimento da formação do frete e elaboração de índices de preços, pretendeu-se sugerir uma metodologia aplicável à realidade brasileira. Uma vez proposta, o objetivo passa a ser sua validação, que foi possível mediante sua aplicação sobre uma base de dados reais.

Os dados básicos utilizados na elaboração dos índices, bem como os próprios indicadores obtidos, foram submetidos a análises quantitativas e qualitativas visando observar sua qualidade e utilidade. Com esses procedimentos, também se pretendeu verificar a viabilidade da metodologia.

Para a análise empírica da metodologia proposta foi adotado o transporte rodoviário do produto soja em grão (soja a granel), uma vez que há séries bastante razoáveis de informações de fretes para esta *commodity* no País. A escolha de um produto específico se fez necessária para a verificação da metodologia proposta.

Espera-se que a presente pesquisa possa contribuir com futuros trabalhos no sentido de que a metodologia proposta seja extrapolada para o transporte de outras mercadorias, como granéis em geral (milho, feijão, trigo, café etc.) e mesmo para as cargas processadas (óleos, farelos, farinhas, sucos, carnes etc.).

1.2 Estrutura da tese

Parte-se da proposta de apresentar uma metodologia para a construção de índices de preço de frete para o transporte de produtos agrícolas e agroindustriais. Por trás de um índice de frete dessa natureza pode haver muitos objetivos, de modo que a metodologia proposta dever procurar uma formalização genérica que possibilite a sua aplicação às diversas necessidades.

A aplicação da teoria dos índices exige a adoção de enfoques que permitam a aproximação dos resultados obtidos a partir das fórmulas de cálculo, com o resultado que seria esperado imaginando-se o modelo teórico que explica o fenômeno econômico a ser mensurado. Como há uma série de enfoques que podem ser escolhidos, opta-se

pelo enfoque integrado, que procura levar em consideração as diversas aproximações propostas.

Uma vez definida a metodologia para a construção dos índices, a mesma será aplicada sobre uma base de dados real de fretes por um modal e de um produto específico: transporte rodoviário da soja em grão. Com isso, objetiva-se sua análise e avaliação. O resultado esperado da tese é a proposição de uma metodologia aplicável na construção de índices dessa natureza.

Esquematicamente, a organização desta pesquisa pode ser representada pela Figura 1.

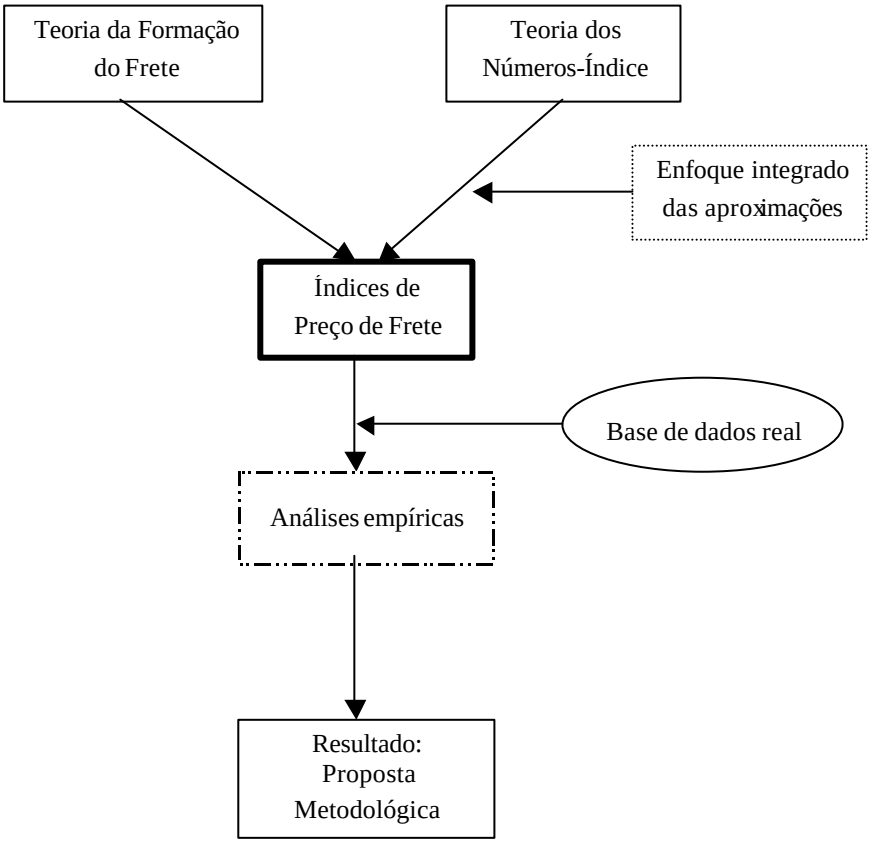


Figura 1 - Organização da pesquisa.

A tese está organizada em sete capítulos.

Após o capítulo introdutório, o capítulo 2 apresenta o transporte de cargas agroindustriais, com ênfase na movimentação da soja, que foi o produto referente ao estudo de caso realizado. Esse segundo capítulo ainda apresenta os fundamentos teóricos da formação do preço do frete, que são indispensáveis para o esforço de mensuração da sua evolução por meio dos índices de preço.

O terceiro capítulo trata da Teoria dos Números-Índice, com enfoque nos índices de preços. É apresentada uma revisão de literatura dos antecedentes e fundamentos teóricos dos índices de preço.

O capítulo de número quatro diz respeito ao estudo dos índices de preço existentes específicos para o transporte. Esse capítulo tem o objetivo de fornecer idéias para a elaboração dos índices que se propõe, baseando-se na experiência tanto nacional quanto internacional.

A metodologia da tese é apresentada no quinto capítulo. Os resultados e sua discussão, no sexto. Finalmente, o último capítulo apresenta as principais conclusões obtidas com o estudo.

2 TRANSPORTE DE CARGAS AGROINDUSTRIAIS

Pode-se dizer que o transporte de cargas agroindustriais, ou mais genericamente, a logística agroindustrial, é assunto recente no meio científico brasileiro. O próprio estudo da logística ainda pode ser considerado incipiente no Brasil.

Ballou (1993) é uma das principais referências na sistematização dos conceitos e assuntos relacionados à logística. Sua obra, cuja primeira edição foi publicada no início dos anos 80, é um dos principais livros-texto na área. Segundo o autor:

> *"A logística empresarial estuda como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controle efetivo para as atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos" (p.17).*

Historicamente, a Segunda Guerra Mundial foi o marco para o desenvolvimento da logística – na ocasião "logística militar" –, pela necessidade de se transportar e armazenar adequadamente os armamentos e mantimentos para os exércitos, em especial o norte-americano, no qual o assunto ganhou maior relevância. Portanto, ainda conforme Ballou (1993), o período entre a década de 50 e 60 do século passado representou a época de grande desenvolvimento da teoria e prática logística.

O transporte, por sua vez, seria um dos componentes da logística, como fica claro na definição anteriormente colocada. Certamente é um ponto-chave, sobretudo no caso de cargas de baixo preço, para as quais o custo da movimentação, em termos relativos, é bastante elevado.

Soares & Caixeta-Filho (1997) observam que os sistemas produtivos da agricultura brasileira têm avançado significativamente, em especial no que se refere ao

desenvolvimento e disseminação de novas técnicas de produção. A competitividade final dos produtos, porém, é comprometida por gargalos ao longo de determinada cadeia, sendo que a logística e o transporte são fundamentais nesse contexto.

Além de o assunto ser também relativamente novo do ponto de vista acadêmico, deve-se ressaltar que, no caso de sua inserção no contexto da agricultura brasileira, há outros motivos que explicam seu recente surgimento como assunto de pesquisa. O trecho a seguir, de Caixeta Filho (1999), evidencia com propriedade os fenômenos de realocação da agricultura brasileira, que implicam reestruturação da produção e logísticas envolvidas:

> *"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 vão se aglomerando ao redor das zonas de produção, visando principalmente a minimização dos custos de transporte envolvidos, atendendo assim aos princípios de racionalidade econômica" (p. 8).*

O desenvolvimento das pesquisas em torno da logística agroindustrial no Brasil trouxe consigo a necessidade de conhecimento do custo ou valor dos fretes, uma vez que essa é a variável norteadora do processo, em especial para as técnicas de modelagem matemática de otimização dos sistemas em estudo.

A informação relevante para as análises da logística agroindustrial no Brasil é a predominância do modal rodoviário na movimentação das cargas. Conforme os dados da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (Geipot)[1], citados por Caixeta-Filho

[1] Com a reestruturação dos órgãos públicos federais, em fevereiro de 2002 a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (Geipot) foi absorvida pela Agência Nacional dos Transportes Terrestres (ANTT), deixando de existir sob aquela denominação.

(1999), 81% dos granéis sólidos agrícolas foram movimentados por rodovias em 1995, enquanto 16% foram por ferrovias e menos de 3%, por hidrovias. Tais informações (oficiais e as mais recentes disponíveis) atestam sobre o papel do transporte rodoviário para as cargas agrícolas.

A importância do custo de transporte na logística dos produtos de origem agrícola, por sua vez, é consagrada na literatura.

Roehner (1996), em seu trabalho sobre o papel dos custos de transportes nos mercados de *commodities*, apresenta uma importante contribuição ao assunto. O autor afirma que houve uma enorme redução nos valores de frete no final do Século XIX, tanto no transporte terrestre quanto no marítimo. No Século XX a queda foi menos acentuada, mas ainda evidente. Apesar dessa tendência de redução, nos anos 80 o frete continuou representando entre 10% e 30% do preço final dos granéis agrícolas. A Figura 2, elaborada com os dados apresentados pelo autor, ilustra o comportamento do valor do frete para o trigo nas rotas marítimas do Atlântico Norte.

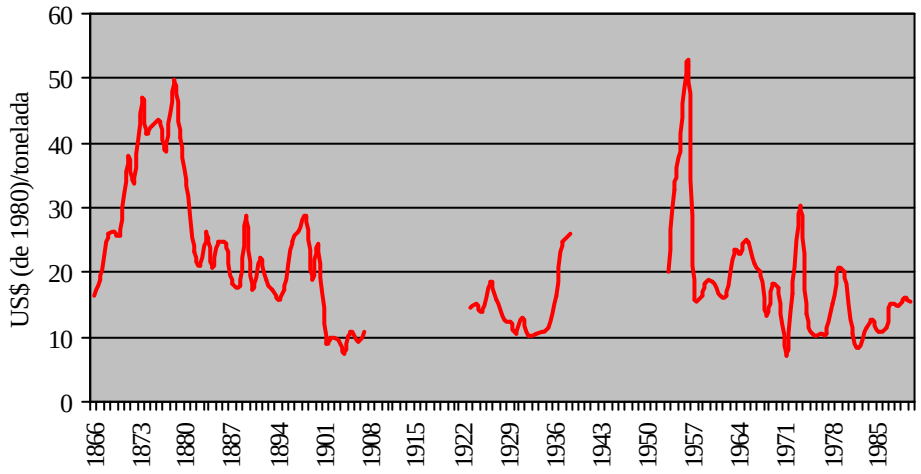


Figura 2 - Comportamento do valor do frete marítimo para o trigo em rotas do Atlântico Norte, em dólares de 1980 por tonelada.

Fonte: Roehner (1996)

Roehner (1996) estudou, ainda, o efeito de variações nos custos de transporte sobre uma série de aspectos relacionados aos mercados e *commodities*, tais como a magnitude das diferenças espaciais de preço, o progresso da integração dos mercados (com sua correspondente redução nas diferenças espaciais mencionadas), a evolução histórica na volatilidade dos preços e o desenvolvimento do comércio.

Uma das constatações do autor foi a de que a influência das diferenças espaciais de preço (proporcionadas principalmente pelos custos logísticos) era tão significativa que se sobressaía ante as diferenças de qualidade de um produto. Utilizando o exemplo do trigo nos Estados Unidos (EUA), o autor concluiu que as diferenças de preço existentes entre as distintas classes (que medem a qualidade daquele grão) variavam entre 2% e 5%, enquanto as diferenças espaciais de preço ficavam entre 10% e 15%.

Historicamente, identifica-se uma significativa relação entre os custos de transporte e problemas de abastecimento que, inclusive, levavam a sérias crises de fome no passado. Appleby (1979)[2], citado por Roehner (1996), estudando as crises de abastecimento nos séculos XVII e XVIII, concluiu que a Inglaterra presenciou dificuldades relativamente pequenas, enquanto a França houvera sofrido fortemente com a falta de alimentos. A principal explicação estaria associada aos custos de transporte. Enquanto a capital e as grandes cidades da Inglaterra estavam a menos de 100 km do mar, diversas regiões da França só podiam ser abastecidas por estradas ou ferrovias, onde o custo de transporte era significativamente superior. As piores crises ocorridas naquele período foram verificadas exatamente nos locais que eram precariamente servidos por estradas e ferrovias.

[2] APPLEBY, A.B. Grain prices and subsistence crisis in England and France: 1590 – 1740. **Journal of Economy History**, v.39, p.865-87, 1979.

Buck (1987) menciona que o transporte hidroviário de granéis sólidos, da Bacia do Rio Mississipi aos portos da Louisiana (principal canal exportador dos EUA), é uma das principais fontes de flutuações nos preços finais dos produtos. Em sua tese, o autor verificou que o frete pelas barcaças perfazia, em média, de 15% a 20% do preço do milho transportado.

Haigh & Bryant (2001) estimaram a influência da volatilidade dos preços dos fretes hidroviário e oceânico, responsáveis pela logística de escoamento dos grãos dos EUA ao mercado mundial. Concluíram que o impacto desses fretes nos preços médios internacionais foi significativo, principalmente o dos hidroviários (no caso, do Rio Mississipi).

Há, também, estudos ainda mais abrangentes que abordam o papel dos custos de transporte no nível geral de preços da economia. O texto *Transportation and Price Stability*, de Wilson (1969), é um referencial no assunto.

No Brasil, o frete rodoviário apresenta significativa participação no preço da carga, dependendo do produto e da época. A Tabela 1 ilustra resultados de pesquisas sobre a relação entre o preço do frete e o valor de alguns produtos relevantes.

Tabela 1. Relação entre o preço do frete e o preço dos produtos: valor mínimo, médio e máximo, para as safras entre 1994 e 1997.

Produto	Faixa de distância (km)	Relação entre preço do frete e preço do produto (%)		
		Mínimo	Médio	Máximo
Milho	800 - 899	16,9	22,7	30,6
Soja	900 - 999	11,5	13,0	28,9
Arroz beneficiado	450 - 649	11,1	12,0	13,1
Açúcar	350 - 399	5,5	6,2	6,9
Algodão em pluma	500 - 549	4,0	4,4	4,9
Farelo de soja	200 - 249	1,5	3,2	7,5

Fonte: Caixeta-Filho et al. (1998)

Observa-se, por exemplo, no caso do milho, que o preço do frete pode chegar a mais de 30% do valor do produto em condições extremas. Em média, no período

considerado, a relação para o milho foi de 22,7%. No caso da soja, um dos produtos mais importantes da agricultura brasileira, o frete representava, em média, 13% do valor do produto, segundo a fonte.

À medida que o preço do produto aumenta, há uma tendência de redução no valor dessa relação, como é o caso do farelo de soja e do algodão. Entretanto, geralmente há uma relação positiva entre os preços do produto e do seu frete. Dentre outros fatores, isso pode ser explicado pelos maiores cuidados necessários em seu transporte e pelo maior risco de perdas, especialmente pelo roubo de cargas, que tem caracterizado sua movimentação nos últimos anos, conforme relatam Gameiro et al. (2001) para os casos do algodão e do café[3].

Portanto, fica claro que o preço do frete é fundamental na logística do produto e que, em última instância, afeta fortemente a rentabilidade do negócio. Buck (1987) afirma que *"…a slight variation in the rate (of freight) can mean the difference between a profit and a loss to grain merchandisers operating on a margin of a few cents"* (p.3).

2.1 Transporte da soja em grão

Esta pesquisa contempla o estudo de caso do transporte rodoviário da soja a granel. A importância desse produto para a agricultura brasileira é o principal motivo que levou à sua escolha.

Segundo Soares et al. (1997), a soja normalmente é transportada a granel. Esse serviço é comumente prestado por transportadores autônomos, devido à baixa especificidade do veículo. A movimentação rodoviária do grão apresenta um papel de destaque na oferta de transporte para granéis agrícolas, uma vez que grandes volumes são envolvidos. Caixeta-Filho et al. (2001) afirmam:

> *"Há intensa utilização dos serviços de transporte no escoamento da safra da soja, provocando grande desestabilização no mercado de fretes. Isso é ocasionado pelo fato de a oferta de veículos não ser*

[3] Um estudo amplo sobre a gerência de risco, a demanda por seguro de transporte e o roubo de cargas no Brasil é apresentado por Gameiro (1999).

suficiente para cobrir a demanda existente para movimentação da soja e outros produtos agrícolas, proporcionando aumento significativo dos fretes. (...) A safra de soja é, sem dúvida, a que mais desestabiliza o mercado de frete. O pico da safra começa na segunda quinzena de março e vai até a segunda quinzena de abril (...)" (p.137).

O problema da concentração da colheita é reforçado pela deficiência em estrutura de armazenagem em muitas regiões. A falta de armazéns obriga os agricultores a escoarem sua produção imediatamente após a colheita. Na Tabela 2 são apresentados dados sobre o volume mensal de colheita da soja nos principais estados produtores no Brasil.

Tabela 2. Estimativa mensal de colheita da soja no Centro-Sul do Brasil, safra 2000/01.

Estado	Produção		Fevereiro		Março		Abril		Maio	
	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)
Minas Gerais	1.444,5	4		0	260,0	18	678,9	47	505,6	35
São Paulo	1.335,9	4	187,0	14	975,2	73	160,3	12	13,4	1
Paraná	8.294,1	24	414,7	5	4.478,8	54	3.317,6	40	82,9	1
Santa Catarina	521,5	1		0	31,3	6	365,1	70	125,2	24
Rio Grande do Sul	6.914,5	20		0	691,5	10	5.324,2	77	898,9	13
Mato Grosso	9.200,8	26	1.840,2	20	4.600,4	50	2.300,2	25	460,0	5
Mato Grosso do Sul	3.087,1	9	463,1	15	1.389,2	45	1.234,8	40		0
Goiás	4.143,2	12	704,3	17	1.408,7	34	1.740,1	42	290,0	7
Distrito Federal	73,5	0	11,0	15	25,7	35	36,8	50		0
Total Centro-Sul	35.015,1	100	3.620,3	10	13.860,8	40	15.158,0	43	2.376,0	7

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento - Conab (2002)

Observa-se, com o auxílio da Figura 3, que os meses de março e abril concentram mais de 80% do volume colhido, o que explica a enorme demanda por serviço de transporte nesse período.

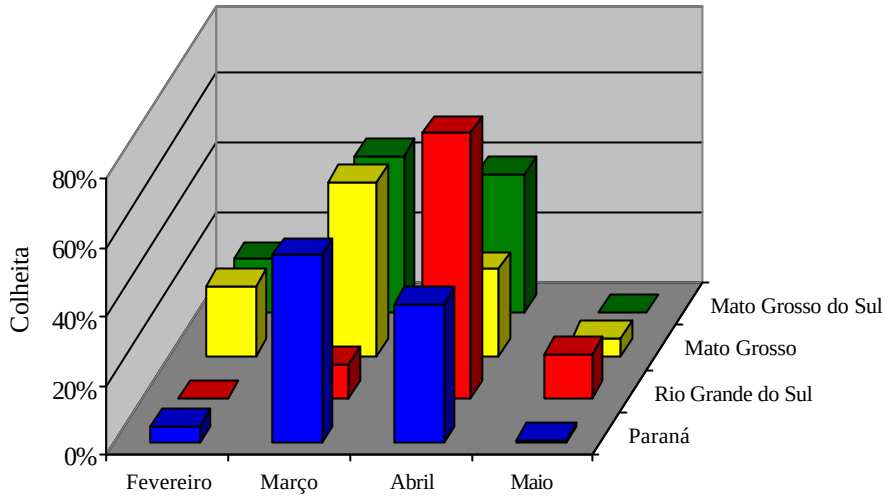


Figura 3 - Evolução mensal da colheita nos quatro principais estados produtores, 2000/01.

Fonte: Elaborado a partir de dados da Conab (2002)

Os preços dos fretes tendem a se elevar nessas épocas do ano. A Figura 4 traz a evolução mensal para três rotas de relevância no escoamento do grão.

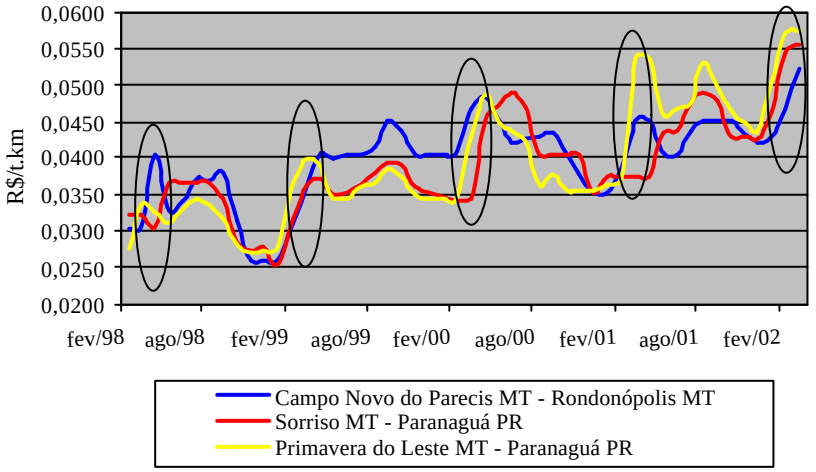


Figura 4 - Evolução mensal do preço do frete (R$/t.km) para três rotas selecionadas, fevereiro de 1998 a março de 2002.

Fonte: Elaborado a partir de dados do Sifreca (2002)

Nas proximidades dos meses de março, o preço do frete sofre significativa alteração, podendo manter-se nos meses seguintes, como no ano de 1999, ou retornar a patamares inferiores, como nos demais anos amostrados. Esse comportamento evidencia a importância de se dispor de índices que meçam a evolução desses preços, tanto em períodos subseqüentes como em intervalos específicos, tais como nos meses de pico de safra.

O estudo do transporte exige o conhecimento das rotas e suas respectivas quantidades movimentadas. São informações relativamente difíceis de serem obtidas no caso do modal rodoviário, que, principalmente pela sua desregulamentação[4], não dispõe de um serviço amplo de registro. Portanto, tais informações geralmente são obtidas por meio de estimativas das quantidades ofertadas nas regiões produtoras e das quantidades demandadas nas regiões de destino do produto.

Pelas características do mercado da soja no Brasil, há meios de se obter estimativas com certo grau de confiabilidade. Pelo lado da oferta têm-se as quantidades produzidas em cada município; pelo da demanda, tem-se uma forte concentração nos portos de exportação, especialmente o de Paranaguá (PR) e de Santos (SP), bem como nas regiões de processamento do grão, concentradas nos estados do Sul (Paraná e Rio Grande do Sul) e do Sudeste (São Paulo e Minas Gerais). Esses dados são divulgados por instituições públicas de estatísticas e são bastante confiáveis, estando disponíveis ao público em geral. A dificuldade, porém, reside na definição da proporção da quantidade ofertada em um determinado local e destinada a esse ou àquele destino. Para tanto, procura-se construir uma matriz origem-destino, ajustando-se essas quantidades de modo a fechar os valores ofertados e demandados, em todas as regiões.

A matriz origem-destino mais atual, que se tem conhecimento para a soja, foi elaborada em 1997, pelo Geipot, com dados referentes ao ano de 1995 para as principais rotas de escoamento do produto, conforme apresentado na Tabela 3.

---

[4] Os trabalhos de Castro (1988) e (2001) apresentam informações detalhadas sobre a regulamentação do setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil.

Tabela 3. Matriz Origem-Destino para a soja em grão (1995).

Origem	Destino	Distância (km)	Quantidade (t)	% no total
Londrina	Paranaguá	489	13.075,51	4,8
Rondonópolis	Rio Verde	468	12.892,49	4,7
Cuiabá	Campinas	1523	12.709,31	4,6
Cascavel	Santos	980	12.515,71	4,5
Campo Grande	Londrina	615	12.321,13	4,5
Barreiras	Brasília	648	12.123,97	4,4
Barreiras	Rio Verde	1086	11.925,12	4,3
Londrina	Curitiba	379	11.726,27	4,3
Ribeirão Preto	Santos	391	11.520,74	4,2
Rondonópolis	Três Lagoas	820	11.313,64	4,1
Campo Grande	Três Lagoas	337	11.100,53	4,0
Cuiabá	São José do Rio Preto	1199	10.880,67	4,0
Rondonópolis	Ponta Grossa	1373	10.650,84	3,9
Barra do Garças	Londrina	853	10.420,71	3,8
Rondonópolis	Londrina	1052	10.190,16	3,7
Campo Grande	Santos	1086	9.954,45	3,6
Patos de Minas	Uberlândia	232	9.682,24	3,5
Rio Verde	Presidente Prudente	1139	9.405,87	3,4
Três Lagoas	Presidente Prudente	233	9.121,64	3,3
Cascavel	Ponta Grossa	405	8.790,84	3,2
Cascavel	Londrina	391	8.404,39	3,1
Rio Verde	Ribeirão Preto	610	8.012,14	2,9
Cascavel	Paranaguá	601	7.610,32	2,8
Rondonópolis	Campo Grande	483	7.088,19	2,6
Sorriso	Rondonópolis	628	6.440,92	2,3
Cuiabá	Ponta Grossa	1573	5.657,11	2,1
Cuiabá	Campo Grande	615	4.515,31	1,6
Cuiabá	Londrina	1303	3.261,53	1,2
Sorriso	Cuiabá	418	1.761,83	0,6
Total			275.073,58	100,0

Fonte: Geipot (1997)

Nota: Elaboração e sistematização do autor.

A matriz fornece um razoável conhecimento das principais rotas. Trata-se de uma amostra que contemplou 275 mil toneladas, enquanto a produção no mesmo ano foi de 25,9 milhões de toneladas, portanto, uma representatividade de 1%.

Mais recentemente, Mafioletti (2000) estudou a formação do preço da soja no Brasil, apresentando uma sistematização geográfica bastante interessante a respeito das principais rotas de comercialização do produto. O autor, além da matriz do Geipot

(1997), levantou informações junto a agentes do setor para a construção de um mapa com fluxos representativos. Essa sistematização é apresentada na Figura 5.

Figura 5 - Mapa dos canais de comercialização de soja.
Fonte: Mafioletti (2000)

A elaboração dos índices de frete necessita de informações que representem a quantidade do produto de transporte. Nesse sentido, as matrizes origem-destino podem

ser bastante úteis como fonte de dados para ponderação, caso não se disponha de informações mais apropriadas. Esse assunto será discutido na metodologia.

2.2 Fundamentos teóricos da formação do preço do frete

Samuelson (1977) afirmou que o entendimento da estrutura do preço do frete (*"transportation rate"*) é importante para o entendimento da indústria do transporte como um todo.

Interessante observar que, na literatura de Língua Inglesa, usualmente utilizam-se os termos *"rate"* e *"tariff"* para designar o preço do frete. Uma das explicações reside no fato de que, historicamente, a indústria do transporte foi bastante regulamentada, em vista da importância que a atividade apresenta para toda a sociedade. Portanto, era fato comum o estabelecimento de tarifas por órgãos de regulamentação para os serviços de transporte.

No entanto, observando-se a tradução dessas palavras para o Português, tem-se que *"rate"* pode tanto significar "preço", "valor", "taxa" e também "índice". No caso de *"tariff"*, a definição é mais restrita, sugerindo algo imposto, ainda que seja um preço.

A diversidade de termos utilizados na literatura pode gerar alguma confusão conceitual, de modo que sua definição se faz necessária. Um breve glossário é apresentado no APÊNDICE 1, com definições de termos centrais utilizados na pesquisa. Além disso, apresentam-se traduções, do Inglês para o Português, de termos utilizados na literatura internacional, que também merecem destaque no contexto desta tese.

A seguir são abordados alguns significados de relevância para fins de melhor entendimento do trabalho.

a) Preço do transporte, valor e frete

A palavra "frete" é utilizada como sinônimo de "transporte" e "carregamento". Além disso, é utilizada para designar a importância paga pelo transporte de alguma

coisa. Esta importância pode ser entendida como o "preço" ou o "valor" pago pelo serviço. Portanto, "frete" pode significar o "preço do transporte".

A distinção entre "preço" e "valor" transcende a mera diferença ortográfica e cai em uma importante arena de debate da Teoria Econômica, à qual não se pretende adentrar. O artigo de Carcanholo (1991) apresenta interessante análise sobre essa questão.

Opta-se pela adoção do termo "preço" para designar a importância financeira envolvida no pagamento de um serviço de transporte, evitando o uso de "valor". Mais ainda, esse "preço do transporte", será tratado simplesmente por "frete".

b) Transportador, empresa de transporte, autônomo e embarcador

"Transportador" é o agente responsável pelo serviço de transporte. Pode ser uma pessoa física ou uma empresa (pessoa jurídica). Quando pessoa física, o transportador recebe a denominação de "transportador autônomo". As "empresas de transporte", também denominadas simplesmente de "transportadoras", assim como os autônomos, são prestadoras de serviço, não sendo, portanto, as proprietárias das mercadorias transportadas.

As transportadoras geralmente possuem uma frota própria com motoristas empregados, mas não raro sub-contratam transportadores autônomos, situação na qual esse recebe a denominação de "transportador agregado". Nesse tipo de relação, o autônomo pode tanto utilizar seu próprio veículo como algum da transportadora contratante.

"Embarcador"[5], por sua vez, é o contratante do serviço de transporte e geralmente é o proprietário da mercadoria. Pode ser tanto uma pessoa física ou jurídica. Este agente paga aos transportadores pelo serviço de transporte.

O "preço do transporte" (ou simplesmente "frete") é a principal variável desta pesquisa e será, doravante, representada por p_i, sendo o subscrito i utilizado para

[5] O termo "embarcador", apesar de largamente utilizado na literatura e no mercado brasileiros de transporte, não consta nos dicionários do idioma Português. Trata-se de uma tradução do termo "*shipper*".

designar um frete específico (o preço cobrado por um serviço de transporte determinado, bem definido).

De posse dessas definições é possível avançar no sentido de entender as relações que determinam o preço do transporte.

É consagrado que os serviços de transporte enfrentam uma demanda do tipo derivada ou de segunda ordem, uma vez que surgem da necessidade da troca de bens no mercado.

O modelo de Samuelson (1977), analisado recentemente por Castro (2002)[6], foi uma importante contribuição para a modelagem do problema do preço do transporte. O autor iniciou propondo a determinação de frete para um serviço prestado entre uma origem e um destino, por um transportador monopolista.

Inicialmente o autor considerou a existência, em cada localidade, de muitos "ofertantes" e "demantantes" da mercadoria a ser transportada. Esta mercadoria seria caracterizada por uma função de oferta agregada *S(p)* e de demanda agregada *D(p,t,l(q))*. Nessas, *p* refere-se ao preço da mercadoria, *t* à tarifa de transporte, *l(q)* ao custo logístico adicional do usuário (sendo *q* a quantidade de mercadoria movimentada).

A função de lucro (π) do transportador poderia então ser expressa por:

$$\boldsymbol{p} = tD\big(p,t,l(q)\big) - C\big(D\big(p,t,l(q)\big)\big) \tag{1}$$

onde *C* é o custo de produção do transportador que, ao ser maximizada, originaria a seguinte tarifa (preço) de transporte (*t*), representada pela equação[7] (2),

$$t = \frac{dC}{dD} + p\left(\frac{1}{e_D} + \frac{1}{e_S}\right) \tag{2}$$

[6] CASTRO, N.R. **Formação de preços no transporte de cargas**. Rio de Janeiro, 2002. 25p. (Texto não publicado)

[7] No APÊNDICE 2 são demonstradas as passagens algébricas que levam à obtenção das equações de (2) a (5), derivadas do modelo.

Portanto, o transportador estabeleceria a tarifa de transporte (t) como sendo igual ao custo marginal de transporte (dC/dD) mais o preço da mercadoria (p), ponderado pela soma dos inversos das elasticidades-preço da demanda e da oferta (e_D e e_S, respectivamente).

A equação da tarifa mostra que esta está relacionada ao preço da mercadoria e às elasticidades. Portanto, quanto mais sensíveis forem as curvas às variações nos preços da mercadoria, menor será a tarifa de transporte.

Dessa situação básica podem derivar outras três: uma considerando-se muitas localidades de demanda, ao invés de apenas uma; outra com muitas localidades de oferta; e finalmente uma terceira com diversas localidades de demanda e com diversas localidades de oferta, o que caracterizaria o caso extremo de competição perfeita.

No primeiro caso, o transportador monopolista serviria a apenas um ponto de demanda, enfrentando uma elasticidade infinita na oferta do produto, sendo a tarifa dada por:

$$t = \frac{dC}{dD} + p\left(\frac{1}{e_D}\right) \tag{3}$$

No segundo caso, o transportador serviria apenas a um dos diversos pontos de oferta, enfrentando uma elasticidade infinita na demanda, ficando a tarifa igual a:

$$t = \frac{dC}{dD} + p\left(\frac{1}{e_S}\right) \tag{4}$$

Na última situação, a tarifa seria simplesmente definida pelos custos marginais dos serviços de transporte, ou seja:

$$t = \frac{dC}{dD} \tag{5}$$

A teoria de Samuelson (1977) pressupõe um serviço de transporte único e não diferenciado e, portanto, precisa ser ajustada para os casos "multiproduto" e "multiatributo" dos serviços de transporte. Apesar da necessidade desse ajuste, o modelo de Samuelson é bastante útil, de modo que terá papel central na tese.

A literatura relacionada à formação do preço do transporte utiliza-se dessa mesma idéia, ainda que a variabilidade de atributos (da carga, do veículo etc.) suscite a possibilidade de se contemplar de forma diferenciada cada uma das variáveis influenciadoras, gerando uma série de concepções. Os modelos econométricos têm sido a principal ferramenta da pesquisa empírica nesse sentido.

De uma maneira geral, esses trabalhos são considerados como parte dos estudos de demanda de transporte, nos quais o que se procura obter são as elasticidades-preço ou quantidade do transporte em relação às diversas variáveis. Procurando sistematizar as análises de demanda de transporte, poder-se-ia dividir os trabalhos em duas grandes linhas: $Q = f(P)$ e $P = f(Q)$.

A primeira parte do ponto de vista da quantidade de transporte (produto de transporte) em função do seu preço, o que representa a função clássica de demanda, conhecida como "demanda Marshalliana". Duas importantes referências de trabalhos nesse sentido são Oum et al. (1992) e Goodwin (1992), que apresentam análises históricas da pesquisa relacionada à demanda por transporte.

A segunda vertente considera a função de demanda inversa, na qual o preço é colocado em função da quantidade do transporte, que pode ser representada por uma série de atributos, uma vez que a exata definição de produto de transporte é fonte de diversas controvérsias. Esse segundo caso é o que mais se aproxima da metodologia de interesse desta pesquisa, qual seja, o do entendimento das forças que determinam o preço do frete.

A expressão "produto de transporte" deve ser comentada. O termo "produto" é bastante conhecido, mas vale ressaltar que significa o "resultado de uma produção". Na atividade de transporte, o resultado é o serviço de movimentação de uma carga entre dois locais no espaço geográfico. Há muitos atributos que determinam esse produto, de modo que uma delimitação rigorosa do "produto de transporte" acaba sendo dificultada.

A revisão de literatura acerca da definição do preço do frete - que será ilustrada a seguir - salienta esse impasse. De qualquer maneira, têm-se alguns exemplos de atributos que podem definir o produto de transporte: volume, peso, quantidade, velocidade, distância, segurança, acondicionamento, origem, destino etc. No capítulo metodológico procurar-se-á adotar uma concepção mais precisa de "produto de transporte".

Antes de passar à revisão das pesquisas que exploraram a formação do preço do frete, apresenta-se uma esquematização (Figura 6) da relação transportador/embarcador que define, em última análise, o preço do frete.

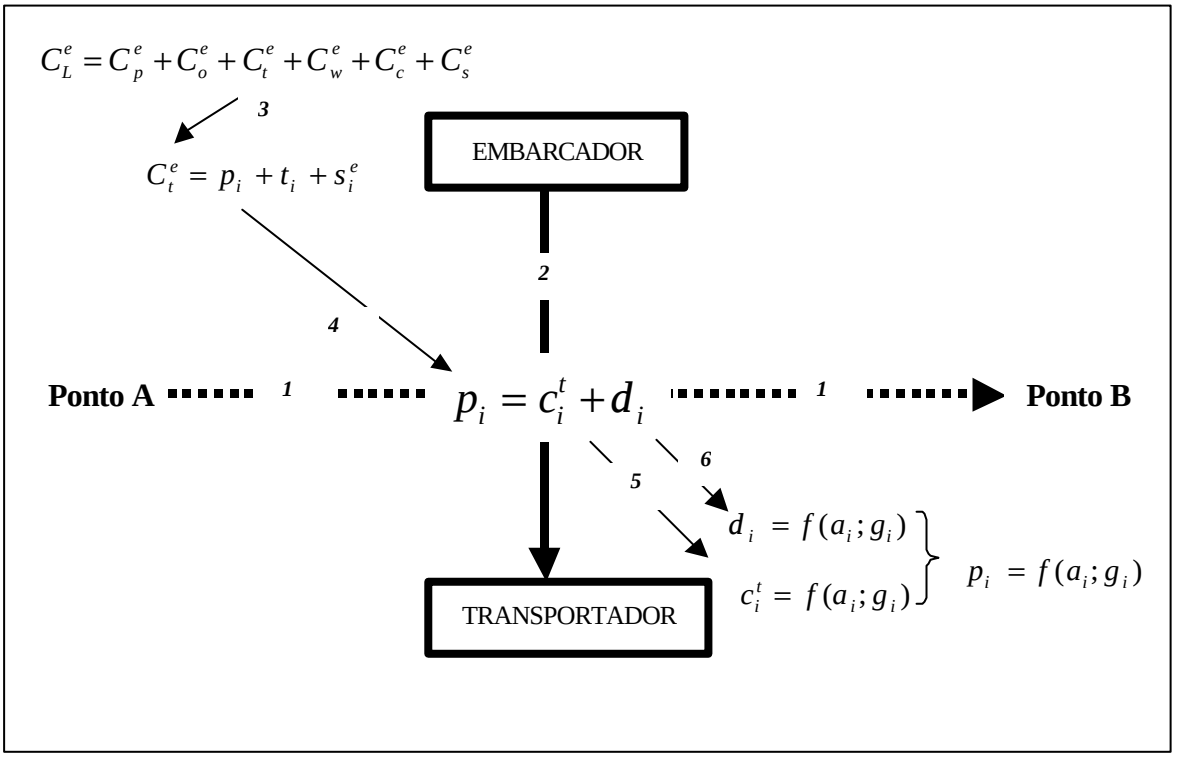


Figura 6 - Esquematização da relação transportador/embarcador, com as variáveis envolvidas no processo.

Fonte: Adaptado de Roberts (1975)

Nota: sobrescritos: *e* (embarcador) e *t* (transportador); subscrito: *i* (frete específico); variáveis: *CL* (custos logísticos), *Cp* (custo de compra), *Co* (custo do pedido), *Ct* (custo de transporte), *Cw* (custo de armazenagem), *Cc* (custo do capital), *Cs* (custo de "stockout"), *p* (preço do transporte), *t* (impostos), *s* (serviços adicionais), ***d*** (condições de oferta e demanda), *a* (atributos do frete) e *g* (atributos da região geográfica).

Em um processo logístico, o embarcador incorre em uma série de custos, os chamados "custos logísticos" (C_L). Como parte deste processo, o embarcador necessita transportar determinada carga do ponto A até o ponto B (seta 1). Para tanto, contrata um transportador que será encarregado pelo serviço de transporte (seta 2).

Segundo Roberts (1975), o custo logístico (C_L) engloba (o sobrescrito *e* é utilizado para designar variáveis relacionadas ao "embarcador"): custo de compra do produto (C_p^e), que se refere ao custo de aquisição do produto; custo de pedido (C_o^e), relacionado ao custo de processamento do pedido; custo do transporte do produto (C_t^e), associado ao custo do transporte (movimentação) propriamente dito; custo de armazenagem (C_w^e), referente à armazenagem, ao manuseio e à obsolescência; custo do capital (C_c^e), ou custo de oportunidade do capital envolvido no processo; e custo "*stockout*" (C_s^e), associado ao fato do produto não estar no estoque, tal como a perda nas vendas e na satisfação do comprador, dentre outros.

No contexto desta tese, o custo relevante sob o ponto de vista do embarcador é o de transporte (C_t^e). Esse custo não é, necessariamente, apenas o preço pago ao transportador (p_i) pela realização do serviço de transporte (seta 3). Geralmente existem impostos incidentes sobre esse serviço (t_i), além de custos adicionais como seguros para carga, monitoramento, acompanhamento, entre outros (representados por s_i^e).

Os impostos (t), de uma maneira geral, independem do embarcador, sendo fixados conforme o tipo de carga e regiões de origem/destino. Portanto, utiliza-se apenas o subscrito *i*, que se refere a um transporte (frete) específico. Os serviços adicionais (s), por sua vez, apesar de estarem relacionados a um frete específico (i), dependem, também, das decisões do embarcador (e).

O preço do transporte cobrado pelo transportador (e pago pelo embarcador[8]) (seta 4) para um determinado frete (p_i) é influenciado pelos custos que esse agente incorre

[8] No modelo proposto assume-se que o preço praticado (p_i) é de equilíbrio. Em outras palavras, é um preço de fato praticado no mercado, não apenas uma oferta ou demanda de uma das partes isoladamente.

para a realização do serviço (c_t^i) (seta 5), mais uma série de fatores (representados por $\boldsymbol{d}$) (seta 6) relacionados à oferta e à demanda do produto a ser transportado (reafirmando que a demanda por transporte é uma do tipo derivada).

Samuelson (1977) deixou claro que tanto o custo do transportador quanto a demanda derivada são influenciados por dois grupos de fatores: os atributos do frete (a_i), tais como a distância, o tamanho e o tipo da carga, seu valor, densidade, cuidados especiais para manuseio, dentre outros; e a região geográfica (g_i) na qual se dá o transporte (origem, destino, rota etc.). Como conseqüência, tem-se que o preço do frete é uma função de atributos relacionados à carga e à região geográfica envolvida. Em última análise, são esses atributos que definem o "produto de transporte".

Portanto, observa-se que a expressão central do modelo proposto:

$$p_i = c_i^t + \boldsymbol{d}_i = f(a_i; g_i) \tag{6}$$

na qual p_i é o preço do frete, c_t^i o custo do transportador, $\boldsymbol{d}_i$ a representação das forças de oferta e demanda pelo produto, a_i os atributos do frete, e g_i a região geográfica onde este ocorrerá, é equivalente à expressão (2) obtida por Samuelson (1977).

O conjunto de atributos a_i, da expressão (6), contempla, dentre outros, a quantidade demandada para o transporte (equivalente a D da expressão 2), a natureza com respectivo preço da carga (relacionados a p, e_D e e_S da expressão 2) etc.

Ambas expressões sugerem que há dois grandes grupos[9] de variáveis que influenciam o preço do frete: aquelas relacionadas ao custo de transporte (intrínsecas a esse serviço) e aquelas relacionadas ao mercado do produto a ser transportado (intrínsecas ao produto). Obviamente que a diferença[10] algébrica entre as expressões (2) e (6) reside no fato de que a primeira já se encontra sob condições de maximização de lucro pelo transportador, o que não necessariamente ocorre para a segunda.

---

[9] Elas são fortemente relacionadas de forma que esta separação é meramente didática.

[10] A nomenclatura (especificação das variáveis) adotada no modelo proposto difere da de Samuelson (1977) porque objetiva ajustar-se à representação que será utilizada para a formação dos índices de frete, objetivo central da pesquisa.

A revisão de literatura apresentada a seguir permite observar que, apesar da grande variabilidade de variáveis que podem ser consideradas na modelagem do preço do frete, todas se ajustam, de uma maneira ou de outra, no modelo geral proposto.

Especificamente na literatura brasileira, há três estudos recentes que trataram em detalhes os determinantes dos valores de frete[11]: Corrêa Junior (2001), Teixeira Filho (2001) e Castro (2002).

Corrêa Junior (2001), em sua dissertação sobre os principais determinantes do preço do frete rodoviário para transporte de soja em grãos no Brasil, sintetizou em uma tabela as principais referências bibliográficas relacionadas à formação do preço do frete. Partindo-se dessa mesma idéia, construíram-se as Tabelas de 4 a 9, que trazem as referências pesquisadas pelo autor, além daquelas sugeridas por Teixeira-Filho (2001) e, ainda, referências adicionais encontradas na literatura. Discriminou-se, também, o modal de transporte considerado em cada estudo.

[11] O primeiro analisou o transporte rodoviário de soja no Brasil; o segundo abordou o transporte rodoviário e ferroviário para cargas fracionadas; e o terceiro analisou o transporte rodoviário, ferroviário e hidroviário para cargas agrícolas e agroindustriais em geral.

Tabela 4. Pesquisas sobre a determinação do preço do frete, com variáveis explanatórias e técnica utilizada (1960-1976).

Autores	Thompson	Kerr	Samuelson et al.				
Ano	1960	1972	1976				
Modal	Rodoviário	Ferroviário	Ferroviário	Rodo-ferroviário	Rodoviário (carga inteira)	Rodoviário (fracionada)	Fluvial
Variáveis consideradas							
Distância	√	√	√	√	√	√	√
Volume		√					
Peso			√	√	√	√	√
Densidade da carga				√		√	
Custo de transbordo		√					
Preço do produto			√		√	√	
Técnica utilizada	Teórico[1]	RM[2]			RM[2]		
Fonte	a	a			b		

Fonte: a) Corrêa Junior (2001); b) Teixeira Filho (2001)

Técnica utilizada: [1] Teórico = modelo teórico ou descritivo; [2] RM = modelo de regressão múltipla.

Tabela 5. Pesquisas sobre a determinação do preço do frete, com variáveis explanatórias e técnica utilizada (1976-1981).

Autores	Miklius et al.	De Vany & Saving	Morlok & Warner			Binkley & Harrer
Ano	1976	1977	1978			1981
Modal	Rodoviário e ferroviário	Rodoviário	Ferroviário	Rodo-ferroviário	Rodoviário	Marítimo
Variáveis consideradas						
Distância			√	√	√	√
Volume						√
Peso			√	√	√	
Densidade da carga					√	
Origem e destino						√
Época do embarque						√
Custo de transbordo						√
Demanda por transporte	√					
Tamanho do veículo						√
Número de vagões			√			
Tempo de transporte	√	√				√
Tipo de carga	√					
Preço do produto	√	√				
Perecibilidade	√	√				
Lotação do veículo		√				
Técnica utilizada	Lógite	Teórico[1]		RM[2]		MQO[3]
Fonte	a	c		b		a

Fonte: a) Corrêa Junior (2001); b) Teixeira Filho (2001); c) esta pesquisa
Técnica utilizada: [1] Teórico = modelo teórico ou descritivo; [2] RM = modelo de regressão múltipla; [3] MQO = modelo de mínimos quadrados ordinários.

Tabela 6. Pesquisas sobre a determinação do preço do frete, com variáveis explanatórias e técnica utilizada (1983-1992).

Autores	Byington & Olin	Beilock et al.	Hauser	Winston et al.		Prentice & Benell
Ano	1983	1986	1986	1990		1992
Modal	Rodoviário	Rodoviário	Rodoviário	Rodoviário (carga inteira)	Rodoviário (fracionada)	Rodoviário
Variáveis consideradas						
Distância			√	√	√	
Peso				√	√	
Densidade da carga					√	
Tipo de carga						√
Origem e destino						√
Possibilidade de carga de retorno		√				
Época do embarque	√					
Oferta de serviços de transporte		√				
Custos operacionais			√			
Preço combustível				√	√	
Gasto das transportadoras com salários				√	√	
Gasto das transportadoras com seguros				√	√	
Preço do produto	√	√				
Perecibilidade		√				
Atividade econômica	√					
Greve dos portuários	√					
Condições de carga/descarga		√				√
Técnica utilizada	MQO[3] (2 estág.)	Próbite	MQO[3]	RM[2]		RM[2]
Fonte	a	a,c	a	b		a

Fonte: a) Corrêa Junior (2001); b) Teixeira Filho (2001); c) esta pesquisa
Técnica utilizada: [2] RM = modelo de regressão múltipla; [3] MQO = modelo de mínimos quadrados ordinários.

Tabela 7. Pesquisas sobre a determinação do preço do frete, com variáveis explanatórias e técnica utilizada (1995-1998).

Autores	Hsu & Goodwin	Allen & Liu	Chow et al.	Kavussanos	Veenstra & Franses	Beilock et. al	Garrido
Ano	1995	1995	1995	1996	1996	1996	1998
Modal	Marítimo	Rodoviário	Rodoviário	Marítimo	Marítimo	Rodoviário	Rodoviário
Variáveis consideradas							
Distância			√			√	
Volume				√			
Densidade da carga			√				
Possibilidade de carga de retorno			√				
Origem e destino					√	√	√
Condições das vias						√	
Época do embarque		√			√		
Oferta de serviços de transporte	√						
Custos operacionais	√	√	√	√			
Qualidade do serviço de transporte		√					
Características do transportador		√					
Demanda por transporte	√			√			
Preço do produto		√					
Atividade econômica		√					
Condições de carga/descarga	√						
Concentração no mercado de transporte			√				
Market share da transportadora			√				
Travessia de fronteiras						√	
Utilização de balsas						√	
Técnica utilizada	VAR[4]	SNISUR[5]	RM[2]	ARCH[6]	VAR[4]	RM[2]	STARMA[7]
Fonte	a	A	b	c	a	a, c	a

Fonte: a) Corrêa Junior (2001); b) Teixeira Filho (2001); c) esta pesquisa
Técnica utilizada: [2] RM = modelo de regressão múltipla; [4] VAR = modelo vetorial auto-regressivo; [5] SNISUR = *Standard Nonlinear Interative Seemingly Unrelated Regression*; [6] ARCH = *Autoregressive Conditional Heterescedasticy Model*; [7] STARMA = *Space Time Autoregressive Moving Average Model*.

Tabela 8. Pesquisas sobre a determinação do preço do frete, com variáveis explanatórias e técnica utilizada (1999-2001).

Autores	Woudsma	Grimm & Winston	Garrido & Mahmassani	Miljkovic et al.	Corrêa Junior	Teixeira Filho
Ano	1999	2000	2000	2000	2001	2001
Modal	Diversos	Ferroviário	Fluvial e ferroviário	Fluvial e ferroviário	Rodoviário	Rodoviário e ferroviário
Variáveis consideradas						
Distância	√	√			√	√
Volume	√					
Peso						√
Origem e destino	√		√		√	
Época do embarque				√		
Presença de pedágios					√	
Possibilidade de carga de retorno					√	
Oferta de serviços de transporte						
Receita do transportador	√			√		
Custos operacionais				√		
Preço do combustível						
Demanda por transporte				√		
Número de vagões		√				
Tempo de transporte			√			
Tipo de carga	√		√	√		
Forma de acondicionamento						
Preço do produto				√		√
Existência de contratos		√				
Número de ferrovias por rota		√				
Técnica utilizada	-	RM[2]	Próbite	MQO[3] (3 estág.)	MQO[3]	MQP[8]
Fonte	a	b	a	a	c	c

Fonte: a) Corrêa Junior (2001); b) Teixeira Filho (2001); c) esta pesquisa
Técnica utilizada: [2] RM = modelo de regressão múltipla; [3] MQO = modelo de mínimos quadrados ordinários; [8] MQP modelo de mínimos quadrados ponderados.

Tabela 9. Pesquisas sobre a determinação do preço do frete, com variáveis explanatórias e técnica utilizada (2002).

Autores	Castro		
Ano	2002		
Modal	Rodoviário	Ferroviário	Fluvial
Variáveis consideradas			
Distância	√	√	√
Volume		√	
Preço do combustível	√	√	√
Forma de acondicionamento	√		
Oferta de serviços de transporte	√	√	√
Técnica utilizada		MQO[3]	
Fonte		c	

Fonte: c) esta pesquisa
Técnica utilizada: [3] MQO = modelo de mínimos quadrados ordinários.

Procurou-se organizar as variáveis contempladas nas Tabelas de 4 a 9 de modo a observar, mais facilmente, a freqüência com que as mesmas aparecem nos modelos. As informações resultantes constam na Tabela 10.

Tabela 10. Variáveis utilizadas em modelos de determinação do preço do frete, e sua respectiva freqüência (número de modelos em que aparecem).

Variável	Freqüência	Variável	Freqüência
Distância	23	Gasto das transportadoras com salários	2
Peso	11	Gasto das transportadoras com seguros	2
Preço do produto	10	Atividade econômica	2
Origem/destino	8	Receita do transportador	2
Custos operacionais	6	Tamanho do veículo	1
Volume	5	Lotação do veículo	1
Densidade	5	Greve dos portuários	1
Época de embarque	5	Condições das vias	1
Oferta de serviço de transporte	5	Qualidade do serviço de transporte	1
Preço do combustível	5	Características do transportador	1
Demanda por transporte	4	Concentração no mercado	1
Tempo de transporte	4	*Market-share*	1
Perecibilidade	3	Travessia de fronteiras	1
Possibilidade de carga de retorno	3	Utilização de balsas	1
Condições de carga/descarga	3	Presença de pedágios	1
Custo de transbordo	2	Forma de acondicionamento	1
Número de vagões	2	Existência de contratos	1
Tipo de carga (uni ou multiproduto)	2	Número de ferrovias/rota	1

A distância é a variável com maior freqüência nos modelos. Das 35 análises apresentadas, 23 têm a distância como influenciadora direta no preço do frete. Essa variável influencia os custos de transporte seja pelo maior desgaste dos ativos, seja pela relação que apresenta com o tempo envolvido na realização do serviço. O fator tempo, por sua vez, influencia variáveis de custos, como depreciação, salários, oportunidade do capital imobilizado, juros etc.

Interessante notar que a maioria dos trabalhos que não consideram a distância como variável explicativa usa outras variáveis relacionadas[12] que procuram captar os

[12] Observa-se que a maioria das variáveis são correlacionadas, o que poderia permitir sua organização em variáveis de primeira ordem, segunda ordem e assim sucessivamente. A distância, por exemplo, seria uma variável de primeira ordem, enquanto que o tempo de transporte poderia ser considerado como uma de segunda ordem, decorrente da anterior.

custos do transporte. É o caso de Miklius et al. (1976), De Vany & Saving (1977) e Garrido & Mahmassani (2000), que utilizam o tempo envolvido no transporte ao invés da distância percorrida. Há outros que consideram os custos operacionais diretamente no modelo, como Hauser (1986), Hsu & Goodwin (1995), Allen & Liu (1995), Chow et al. (1995), Kavussanos (1996) e Miljkovic et al. (2000).

Em diversas pesquisas observa-se a utilização de variáveis que, de alguma forma, influenciam os custos da atividade de transporte. Kerr (1972) e Binkley & Harer (1981) contemplam os custos de transbordo em seus modelos de determinação do preço do frete para os modais ferroviário e marítimo, respectivamente. Beilock et al. (1986), Prentice & Benell (1992) e Hsu & Goodwin (1995) incluíram as condições de carga/descarga como determinante do frete, também objetivando captar a influência de mais este tipo de custo envolvido na atividade.

Verificam-se, ainda, modelos que incluem o preço (ou o gasto) de insumos relevantes para a atividade. É o caso dos modelos de Winston et al. (1990) para o transporte rodoviário, tanto de carga inteira como de fracionada; e o de Castro (2002), para os três modais envolvidos na movimentação de cargas agrícolas e agroindustriais no Brasil. Esses autores incluem o preço do combustível como variável independente. Os mesmos Winston et al. (1990), que estimaram equações utilizando dados agregados por transportadoras, ainda utilizam outras duas variáveis, quais sejam os gastos das empresas com salários e com seguros, dois importantes itens na formação do custo e, conseqüentemente, do preço do transporte.

Beilock et al. (1996) optaram pela inclusão da utilização de balsas e da travessia de fronteiras no transporte rodoviário internacional, de forma a considerar outros itens de custo. Esses mesmos autores consideraram também as condições das vias como outra variável relevante, objetivando captar a influência causada pelos custos incorridos com o desgaste dos ativos de transporte. Semelhantemente, Corrêa Junior (2001) considerou, em seu modelo de determinação do preço do frete rodoviário de soja, a presença de pedágios como variável independente. Nesse caso, a opção se deveu ao fato de que o impacto do pedágio é relevante, uma vez que a relação entre o seu preço e o do produto transportado é elevada, por se tratar de uma carga de relativo baixo valor. Byington &

Olin (1983) utilizaram a ocorrência de greve de portuários para a determinação do frete rodoviário, que estaria relacionada ao maior tempo de espera necessário.

Em síntese, procurando-se organizar as variáveis de modo mais didático, poder-se-ia considerar que aquelas apresentadas até o momento estariam relacionadas diretamente ao custo incorrido pelo transportador com a sua atividade. Este grupo passa a ser denominado como o das variáveis relacionadas diretamente ao custo do transporte.

Um segundo grupo de variáveis pode ser formado por aquelas relacionadas diretamente a atributos do produto (ou carga) a ser movimentada. As mais relevantes nesse conjunto são aquelas que definem as dimensões físicas da carga: peso, volume e densidade, sendo essa última, inclusive, uma relação entre as primeiras. O peso é contemplado em 11 dos 35 modelos analisados, seguido da densidade e do volume, ambos encontrados em cinco modelos.

Uma outra variável bastante freqüente nos modelos é o preço da carga, presente em 10 deles. O próprio tipo da carga pode entrar diretamente como variável explicativa do modelo, como no caso de Miklius et al. (1976) e Prentice & Benell (1992). Os primeiros ainda incluem a perecibilidade da carga como variável independente, o que não deixa de ser um atributo relacionado ao tipo de carga. De Vany & Saving (1977) e Beilock et al. (1986) também centraram suas atenções na perecibilidade do produto transportado.

O terceiro grupo de variáveis pode ser formado pela agregação daquelas que apresentam relação com o veículo ou equipamento envolvido no transporte[13]. O número de vagões puxados por uma locomotiva foi considerado nos modelos de frete ferroviário de Morlok & Warner (1978) e Grimm & Winston (2000). O próprio tamanho do veículo - no caso, do navio - foi utilizado por Binkley & Harrer (1981) para a composição do frete marítimo. Já De Vany & Saving (1977) utilizaram a lotação dos caminhões para explicar o preço do frete rodoviário. Castro (2002) optou pela consideração da forma de

[13] Deve-se ressaltar, dentro da análise desse terceiro grupo de variáveis, que o tipo de veículo/equipamento de transporte está estritamente relacionado ao tipo de carga a ser movimentada (cujas variáveis determinantes pertencem ao segundo grupo), de forma que não há como separá-los no contexto real. A separação é proposta apenas a título de sistematização didática.

acondicionamento da mercadoria que, em última instância, está relacionada ao tipo de equipamento/veículo de transporte.

O quarto e último grupo de variáveis é formado por aquelas que definem as condições de mercado, tanto do produto, quanto do serviço que será encarregado pelo seu transporte. Os locais de origem e destino do frete surgem com maior relevância, tendo sido empregada em oito modelos apresentados. Uma outra variável estritamente relacionada à localização geográfica dos pontos é a possibilidade de obtenção de cargas de retorno, que foi utilizada por Beilock et al. (1986), Chow et al. (1995) e Corrêa Junior (2001). No fundo, o que está por trás dessas variáveis são as condições de oferta e demanda local.

Byington & Olin (1983) e Allel & Liu (1995) utilizaram-se de uma *proxy* mais ampla para contemplar o ambiente no qual o transporte estaria envolvido. Assim, inseriram variáveis que representavam o nível da atividade econômica no momento da realização do transporte. Miklius et al. (1976), Kavussanos (1996) e Miljkovic et al. (2000) procuraram incluir a demanda por transporte diretamente nos modelos, enquanto Beilock (1986) e Castro (2002) incluíram a oferta de serviço de transporte. Já Hsu & Goodwin (1995) propuseram-se a incluir tanto a demanda como a oferta de transporte.

Uma outra variável importante, e que procura considerar as flutuações nas forças de oferta e demanda pelo transporte, é a época de embarque, utilizada em cinco modelos apresentados.

Dentro do grupo das variáveis condicionantes da oferta/demanda, identificam-se aquelas que estão relacionadas à estrutura do mercado de transporte e/ou à indústria de transporte atuante nas diversas regiões. Allen & Liu (1995) procuraram avaliar a influência das características do transportador, bem como da qualidade do serviço ofertado por este, sobre o preço do frete. Já Woudsma (1999) e Miljkovic et al. (2000) optaram pela receita do transportador como variável explicativa de seus modelos, receita essa que estaria relacionada à estrutura do mercado de transporte.

Finalmente, há dois trabalhos que abordaram aspectos da organização industrial no mercado de fretes. Chow et al. (1995), para o transporte rodoviário, incluíram a concentração no mercado e o *market-share* das transportadoras como variáveis

independentes. Para o modal ferroviário, Grim & Winston (2000) incluíram uma variável para captar a existência ou não de contratos entre transportadores e embarcadores, e outra para considerar o número de empresas ofertantes do serviço em cada estação de origem.

Essas são as principais informações encontradas nas referências relacionadas ao assunto. Pensando na agregação das variáveis nos quatro grupos propostos, chega-se aos resultados da Tabela 11, que são também expostos na Figura 7.

Tabela 11. Variáveis determinantes do preço do frete, com seus grupos e freqüências.

Grupos e variáveis	Freqüência	Grupos e variáveis	Freqüência
Grupo 1 (relacionadas ao custo diretamento)		Grupo 3 (relacionadas ao veículo diretamente)	
Distância	23	Número de vagões	2
Custos operacionais	6	Tamanho do veículo	1
Preço do combustível	5	Lotação do veículo	1
Tempo de transporte	4	Forma de acondicionamento	1
Condições de carga/descarga	3	Subtotal	5
Custo de transbordo	2	Grupo 4 (relacionadas às condições de mercado)	
Gasto das transp. com salários	2	Relacionada às condições de mercado	
Gasto das transp. com seguros	2	Origem/destino	8
Greve dos portuários	1	Época de embarque	5
Condições das vias	1	Oferta de serviço de transporte	5
Travessia de fronteiras	1	Demanda por transporte	4
Utilização de balsas	1	Possibilidade de carga de retorno	3
Presença de pedágios	1	Atividade econômica	2
Subtotal	52	Receita do transportador	2
Grupo 2 (relacionadas à carga diretamente)		Qualidade do serviço de transporte	1
Peso	11	Características do transportador	1
Preço do produto	10	Concentração no mercado	1
Volume	5	Market share	1
Densidade	5	Existência de contratos	1
Perecibilidade	3	Número de ferrovias/rota	1
Tipo de carga	2	Subtotal	35
Subtotal	36		

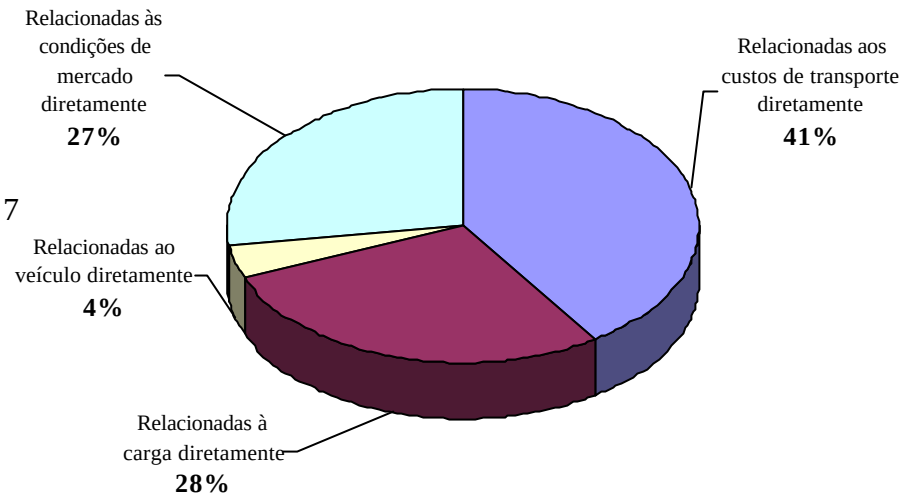


Figura 7 - Participação dos grupos de variáveis conforme sua freqüência.
Fonte: Adaptado da Tabela 11.

Observa-se que as variáveis relacionadas diretamente aos custos de transporte respondem por 41% das variáveis utilizadas em modelos de determinação do preço do frete.

Como já mencionado, a agregação é meramente didática, uma vez que a maioria das variáveis apresenta correlação direta entre si. De qualquer maneira, pode auxiliar no entendimento do processo de formação do frete.

A decisão pela utilização desta ou daquela variável irá depender estritamente dos objetivos da modelagem e, ainda, das pressuposições do modelo e do contexto em que esteja inserido. Em outras palavras, algumas variáveis podem ser tomadas como dadas, *a priori*, bastando padronizá-las, o que irá reduzir o contexto e, conseqüentemente, a complexidade do problema.

Pode-se fixar o modal, o tipo de carga, o seu preço, peso, volume, o tipo de acondicionamento e equipamento de transporte, dentre outros. Ao se fixar esses atributos, a variação no preço do frete passa a ser influenciada por aqueles atributos que não foram considerados, como custos de transporte (com os diversos itens que o formam: combustível, pedágios, condições das vias, seguros etc.) e as condições de

oferta e demanda do serviço, que são derivadas das mesmas forças para o mercado do produto (carga) a ser transportada.

Mais ainda, além de quais as variáveis são as mais relevantes para serem adotadas como explicativas, muitas vezes, o processo de decisão acaba sendo limitado pela disponibilidade de informações a respeito das mesmas, de modo que a escolha acaba sendo condicionada pela disponibilidade ou não dessas variáveis (e de suas respectivas *proxys*).

2.3 Considerações finais

Este capítulo procurou apresentar informações referentes ao transporte de cargas agroindustriais, com ênfase na sua influência sobre os mercados finais desses produtos.

Há uma significativa oscilação nos preços do transporte que, paralelamente a uma oscilação não menos relevante nos preços dos produtos, ocasiona uma instabilidade na relação entre ambos, chegando a valores mais elevados nos picos de escoamento da produção, como nos meses de concentração das safras agrícolas.

O adequado conhecimento dessa evolução dos preços do frete torna-se importante. Entretanto, antes de mensurá-la, necessita-se entender a formação teórica dos preços do transporte, o que também foi explorado no capítulo.

Dentre as diversas variáveis determinantes do frete, a distância surge com destaque na maior parte dos trabalhos acadêmicos desenvolvidos, indicando ser uma informação central na modelagem econômica. Outras também são relevantes, tais como as regiões de origem e destino, e a época de embarque, por exemplo.

O capítulo seguinte apresenta os fundamentos da Teoria dos Números-Índice, que posteriormente serão utilizados para a elaboração dos índices de preço aplicáveis aos transportes.

3 TEORIA DOS NÚMEROS-ÍNDICE PARA PREÇOS

3.1 Antecedentes e Fundamentos Teóricos

Dez anos antes da publicação da Riqueza das Nações, de Adam Smith, o italiano Gian Rinaldo Carli[14] (1764) criou um dos primeiro índices de preço que se tem conhecimento, utilizando-se de uma média aritmética simples das razões dos preços nos respectivos períodos. Segundo Walsh (1901), o autor realizou um completo estudo empírico do comportamento dos preços dos grãos, vinho e óleo no período de 1500 a 1750.

O cálculo do Índice de Carli era realizado da seguinte maneira:

$$I_{Carli} = \frac{\sum_{n=1}^{N} \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right)}{N} \tag{7}$$

onde I_{Carli} é o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; e p_n^b o preço do mesmo bem no período b.

Com essa fórmula, Carli estava criando o que Fisher (1927) passou a chamar de "preços relativos", representados simplesmente pela razão de dois preços, e com grande utilização na Teoria dos Números-Índice.

---

[14] CARLI, G.R. Del valore e della proporzione de'metalli monetari con i generi in Italia prima delle scoperte dell"Indie colonfronto del valore e della proporzione de'tempi nostri. **Opere scelte di Carli**, v.1, p.299-366, 1764.

O Índice de Carli, bastante simples na sua concepção, apresenta uma série de limitações, uma vez que supõe que os preços evoluem a uma mesma taxa. Sob o que mais tarde seria chamado de "enfoque estatístico[15]", o índice seria um adequado estimador da evolução dos preços, caso a hipótese imposta por esse enfoque – cada preço relativo pode ser considerado como uma estimativa comum da taxa de inflação α entre os períodos 0 e 1 - fosse atendida.

Entretanto, já é bastante consagrada a idéia de que os preços não evoluem a uma mesma taxa, ainda mais quando a função de agregação contempla produtos ou serviços bastante distintos. Especificamente no caso dos fretes, a existência de custos fixos, que se diluem conforme aumenta o tempo/distância do transporte, é um indicativo bastante forte de que essa evolução, de fato, não deve ser constante. O aumento no preço do combustível, por exemplo, provavelmente terá um impacto menor nos fretes de curta distância do que nos de longa distância, todo o resto mantido constante.

Sob o "enfoque axiomático"[16], o índice de Carli apresenta a forte limitação de não atender ao importante teste[17] de reversão do tempo, que garante que um índice que meça a variação da base para um ponto referencial (*forward)* apresenta exatamente o resultado inverso caso seja calculado do ponto referencial para a base *(backward).*
Portanto, se um suposto índice de fretes dobra de A para B (dois períodos, por exemplo), ele deveria reduzir-se pela metade, quando comparado de B para A, o que não acontece

[15] As idéias de Jevons (1879) abririam a primeira grande linha de raciocínio na Teoria dos Números-Índice, chamada de "critério atomístico" (Frisch, 1950), "concepção estatística" (Diewert, 1987), ou ainda, na literatura brasileira, de "aproximação estatística" (Carmo, 1987). Essa linha, apesar de fornecer significativas contribuições à análise dos índices de preço, sofre dura crítica pelo fato de não considerar todas as dimensões envolvidas na construção dos índices, em especial os ponderados. Isso porque tal concepção é baseada na distribuição de probabilidade dos preços (ou seus relativos), ou seja, em um espaço bi-dimensional, enquanto os índices são n-dimensionais (uma dimensão para cada produto). Essas críticas surgem em diversos trabalhos: nos clássicos de Fisher (1927) e Frisch (1950), que se reportam às idéias do percussor Keynes; e na literatura brasileira com a tese de Melo (1982).

[16] O estudo das diversas fórmulas para cálculo de números-índice tem como uma das suas principais referências o livro de Irving Fisher, de 1927. Avaliando e propondo uma série de fórmulas, o autor contemplou mais de 120 métodos distintos de cálculo de índices. A Fisher é atribuída a criação da segunda grande linha de pesquisa na Teoria dos Números-Índice: a da "concepção axiomática" (Diewert, 1987) ou "lógico-matemática" (Carmo, 1987), fundamentada na análise matemática das fórmulas de cálculo. Para a divisão proposta por Frisch (1950), porém, essa linha ainda estaria incluída no "critério atomístico", juntamente com a "concepção estatística", uma vez que também pressupõe a independência das variáveis componentes do índice, em especial, os preços e suas quantidades.

[17] Os chamados "testes axiomáticos" são tratados no APÊNDICE 3.

caso a fórmula de Carli seja utilizada. Eis uma fácil constatação lógica que é infringida. O índice também não atende ao polêmico teste da circularidade, segundo o qual independentemente do número de índices intermediários para se chegar do momento A para o C, o resultado sempre seria o mesmo: calculando-se de A diretamente para C, ou de A para C passando por B.

Fisher (1927) demonstrou que o Índice de Carli leva a um viés ascendente na mensuração, a não ser que a variação dos preços tenha sido, de fato, proporcional.

Além dessas limitações, é uma fórmula não-ponderada, portanto, não contempla as quantidades envolvidas, limitando, consequentemente, uma adequada representação das forças de mercado, por assumir que todos os produtos têm a mesma participação na economia.

Essas observações também são válidas para o Índice de Coggeshal, que acabou recebendo pouca atenção no contexto da Teoria dos Números-Índice e que será comentado futuramente.

Em 1738, Dutot[18], citado por Diewert (1987), já teria utilizado uma fórmula matemática para obter um índice de preço dado pela razão entre a média geral dos preços em um determinado período e a média dos preços no período base. Esse é um índice que passou a ser chamado - por sugestão também de Fisher (1927) - de "índice agregativo simples". Havia, entretanto, na metodologia, uma possibilidade de erro bastante grande em decorrência da diferença de magnitudes dos produtos (e suas unidades), motivo pelo qual o índice de Dutot não se disseminou. De qualquer forma, ele é assim calculado:

$$I_{Dutot} = \frac{\sum_{n=1}^{N} p_n^t / N}{\sum_{n=1}^{N} p_n^b / N} \tag{8}$$

[18] DUTOT, C.F. **Réflexions politiques sur les finances et el commerce**. La Haye: Antoine van Dole, 1738.

sendo I_{Dutot} o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; e p_n^b o preço do mesmo bem no período b. Portanto, as variáveis são as mesmas do Índice de Carli, mas envolvendo fórmulas de cálculo distintas.

Diferentemente do Índice de Carli, o de Dutot atenderia ao teste da reversão do tempo, pela própria natureza da fórmula (a simples razão entre dois valores). A grande restrição do Índice de Dutot refere-se ao fato de que, em caso de produtos diversos, estar-se-ia somando preços de unidades completamente distintas, como, por exemplo, o preço de um quilo de açúcar e o de um litro de querosene. Isso equivale a dizer que o índice não atende ao teste – considerado fundamental – da comensurabilidade, que garante que o índice de preço não é alterado caso as unidades de mensuração de cada produto o sejam. Essa restrição não ocorre no caso da função agregação ser composta por informações representadas por uma única unidade.

O Índice de Dutot também é não ponderado, de modo que não considera a importância de cada informação no mercado. Essa é uma outra grande limitação, suficiente para que tal índice não seja recomendado na representação de funções de agregação mais complexas.

O primeiro índice de preço de caráter público e oficial foi criado no ano de 1780, em Massachusetts, nos Estados Unidos. O objetivo era corrigir o valor da remuneração dos alistados na guerra, em um período no qual o valor da moeda era instável e decrescente. Willard Fischer (1913) tratou a respeito daqueles índices. No trabalho desse autor também há uma importante contribuição a respeito da história dos índices de preço, principalmente daqueles voltados ao interesse do poder público para a correção de variáveis econômicas.

Segundo Fisher (1927), outros nomes surgem nos primórdios da elaboração dos índices-número, tais como G. Shuckburgh Evelyn em 1798, Arthur Young em 1812, Joseph Lowe em 1822 e G. Poulett Scrope em 1833.

Shuckburgh, assim como Carli, utilizou-se de uma média aritmética simples para a obtenção de seus índices na Inglaterra. Ele estabeleceu a noção de séries referidas a um período base. Em 1812, Young partiu dos trabalhos do primeiro, mas inovou ao propor

ponderações pelas quantidades produzidas. Teria sido uma das primeiras propostas de ponderação dos índices.

Com as guerras napoleônicas, a relação entre o aumento dos preços e o valor do dinheiro estimulou alguns estudantes a se preocupar com o fato. Exemplos que se destacaram foram Lowe e Scrope. O primeiro foi considerado por Kendall (1969) como o pai de um conceito muito importante: o de ponderação dos índices, tal como expresso na fórmula 9:

$$I_{Lowe} = \frac{\sum_{n=1}^{N} p_n^t q_n}{\sum_{n=1}^{N} p_n^b q_n} \tag{9}$$

sendo I_{Lowe} o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; p_n^b o preço do mesmo bem no período b; e q_n a quantidade comercializada de n.

Lowe, contudo, não especificou, exatamente, como seria formado o vetor das quantidades (q_n) dos produtos.

Outra importante contribuição relacionada à ponderação foi a do matemático Palgrave, que teve sua fórmula amplamente estudada por Fisher (1927). Palgrave propôs a ponderação do preço relativo de cada produto pelo peso no mercado. Esse peso seria representado pelo valor do dispêndio incorrido com o produto sobre o dispêndio total realizado. O índice é assim representado:

$$I_{Palgrave} = \sum_{n=1}^{N} w_n^t \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right), \text{ com} \tag{10}$$

$$w_n^t = \frac{p_n^t q_n^t}{\sum_{n=1}^{N} p_n^t q_n^t} \tag{11}$$

onde $I_{Palgrave}$ é o Índice de Palgrave, referente à média aritmética dos relativos de preços ponderados pelo peso (w_n^t) do produto n no período referencial t. Deve-se salientar que caso a ponderação seja feita pelo período base, ter-se-ia o Índice de Laspeyres, como será demonstrado mais adiante.

As idéias precursoras de Lowe e Palgrave, porém, foram fundamentais para a inspiração de duas das fórmulas mais importantes e que ainda desempenham papel central na construção de índices de preços. De uma maneira geral, os economistas associam a elaboração de índices de preço – em especial os ponderados - a dois nomes: Laspeyres[19] e Paasche[20], ambos da Escola Alemã.

O Índice de Laspeyres mantém fixas as quantidades em uma cesta de bens no período base e observa como o custo total desta cesta move-se ao longo do tempo até o período presente, ou seja,

$$I_{Laspeyres} = \frac{\sum_{n=1}^{N} p_n^t q_n^b}{\sum_{n=1}^{N} p_n^b q_n^b} = \sum_{n=1}^{N} w_n^b \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right), \text{ com} \tag{12}$$

$$w_n^b = \frac{p_n^b q_n^b}{\sum_{n=1}^{N} p_n^b q_n^b}, \tag{13}$$

onde $I_{Laspeyres}$ é o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; p_n^b o preço do mesmo bem no período b; q_n^b a quantidade consumida (ou produzida) do bem n no período b (o período base).

---

[19] LASPEYRES, E. Die Berechnung einer mittleren Warenpreissteigerung. **Jahrbücker für Nationalökonomie und Statistik**. v.16, p.296-314, 1871.

[20] PAASCHE, H. Über die Preisentwicklung der letzten Jahre nach den Hamburger Börsennotirungen. **Jahrbücker für Nationalökonomie und Statistik**. v.23, p.168-178, 1874.

Observa-se que agora são incluídas as quantidades dos bens, de modo a se ponderar os índices de acordo com a participação dos bens no mercado.

O Índice de Paasche, por sua vez, mantém fixas as quantidades no período presente (referencial) e determina como o custo total comportou-se nos períodos anteriores, resultando em:

$$I_{Paasche} = \frac{\sum_{n=1}^{N} p_n^t q_n^t}{\sum_{n=1}^{N} p_n^b q_n^t} = \frac{1}{\sum_{n=1}^{N} w_n^t \left(\frac{p_n^b}{p_n^t} \right)} \tag{14}$$

onde $I_{Paasche}$ é o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; p_n^b o preço do mesmo bem no período b; q_n^t a quantidade consumida (ou produzida) do bem n no período b (o período base); e w_n^t a participação do dispêndio com o produto n no total do mercado.

O fato de se considerar as quantidades como parte do índice levou ao pensamento de que haveria um índice de valor agregado que, por conseguinte, seria formado por uma parcela referente aos preços em si e uma parcela referente às quantidades. Essas duas parcelas seriam definidas conjuntamente, poderiam ser separáveis e formariam o índice de valor agregado. Do atendimento a essa concepção surgiu o polêmico teste de reversão de fator, que afirmava que, assim como a fórmula deve permitir o intercâmbio entre dois períodos de cálculo, também deveria possibilitar a troca entre preços e quantidades sem gerar diferenças.

Não há grande sustentação para a obrigatoriedade de que um índice atenda a esse teste, de modo que o mesmo, apesar de ser considerado nas análises, não é capaz de permitir a decisão pela utilização ou não de determinado índice. Esse é o caso para os índices de Laspeyeres, Paasche e Palgrave (grupo dos índices “derivados de Lowe”). O teste de reversão de fator só é realmente relevante dependendo do objetivo do índice.

Uma importante limitação desses índices está no fato de não atenderem ao importante teste de reversão do tempo. Apesar dessa reconhecida limitação, a evolução da teoria acabou demonstrando que esses índices são bastante importantes. Isso pelo fato de que são passíveis de aplicações práticas e podem fornecer adequadas aproximações – ou pelo menos, fornecer os limites – para os supostos (não observados) índices verdadeiros.

Os índices de Laspeyres e Paasche atendem ao teste da determinação, o que não ocorre com o de Palgrave, conferindo alguma superioridade aos primeiros sob esse aspecto. O teste da determinação, matematicamente, impede o cálculo de índices em cujas fórmulas o desaparecimento de um determinado produto o inviabilize, pela ocorrência do valor zero em produtórios. Assim, é considerado controverso pelo fato de que sua limitação pode ser eliminada com alguma facilidade, ainda que, para tanto, vieses sejam gerados.

Os índices do grupo "derivados de Lowe" não atendem aos já citados testes de circularidade, de reversão de fator e de preço. Também não atendem ao teste de reversão de quantidade, que garante que se os vetores de quantidades forem trocados entre dois períodos, o índice de preço deve manter-se constante. Como todos esses testes são bastante controversos, pode-se afirmar que a maior limitação dos índices deste grupo está no não atendimento ao teste da reversão do tempo.

Sob o ponto de vista estatístico, esses índices também têm sua sustentação teórica. Theil (1960), considerando os preços relativos distribuídos aleatoriamente, demonstrou que se a probabilidade de despesa com cada produto no período-base é dada pela sua participação no mercado (o montante gasto com o produto sobre o total gasto), então naturalmente o Índice de Laspeyres seria uma fórmula de cálculo recomendada. Da mesma forma, se a probabilidade de cada produto ser adquirido for dada pela participação relativa dos seus gastos no total durante o período-referência, então se chegaria ao Índice de Palgrave.

Uma outra análise interessante dos índices derivados de Lowe, sob o enfoque estatístico, é da consideração da distribuição dos recíprocos dos preços relativos, o que acaba gerando os índices harmônicos, abordados mais adiante. Esses, assim como os

anteriores, também não são capazes de atender ao teste de reversão ao tempo, apesar de encontrarem sustentação no enfoque estatístico.

Finalmente, sob o terceiro – e talvez o mais relevante – enfoque, o "econômico"[21], Könus (1939) demonstrou que os índices de Laspeyres e Paasche seriam os limites do suposto verdadeiro índice, no caso da função agregação estar sob as condições de maximização de utilidade e minimização do custo do consumidor. Dessa concepção surge o teste do limite de Laspeyres e Paasche, segundo o qual determinado índice de preço deve apresentar um valor intermediário entre os índices de Laspeyres e Paasche.

Para o caso específico da construção dos índices de frete que se propõe, deve-se ter claro que a função agregação não representa a função de custo de um agente consumidor, mas sim, a função de produção de um agente ofertante do serviço. Essa inversão no modo de ver a função deve ser responsável por uma significativa mudança nesses resultados.

No caso do consumidor, esse estaria sempre tendendo a substituir produtos que tivessem seus preços elevados por aqueles cujos preços não apresentassem a mesma variação. Essa movimentação ocorreria em uma mesma curva de utilidade, na busca de mantê-la, substituindo o consumo por um outro produto. No caso da função do modelo que se propõe, o agente ofertante estará atuando exatamente no sentido oposto, procurando maximizar seu lucro aumentando a quantidade ofertada dos serviços que tivessem apresentando maior remuneração. É de se esperar, conseqüentemente, que os limites impostos pelos índices de Laspeyres e Paasche sejam exatamente os opostos. Isso poderá ser observado quando da aplicação da metodologia à base de dados real.

A utilização de uma ou outra fórmula - de Laspeyres ou Paasche - sempre foi fonte de muitas discussões, tendo sido tratada inicialmente e com bastante propriedade

[21] Quando as funções econômicas (de produção, de custo, de utilidade etc.) começaram a ser consideradas na elaboração dos números-índice, a Teoria apresentou avanços significativos. Surgia, então, um terceiro enfoque na elaboração dos índices, denominado "concepção microeconômica" (Diewert, 1987) ou "aproximação econômica" (Carmo, 1987). Frisch (1950) denomina esse enfoque de "critério funcional", uma vez que as variáveis (p, q etc.) passam a ser consideradas interdependentes entre si, ou seja, umas como funções das outras.

por Fisher (1927), que acabou propondo uma formula mista de cálculo de índice, resultando em:

$$I_{Fisher} = \sqrt{I_{Laspeyres} \times I_{Paasche}} \tag{15}$$

sendo $I_{Laspeyres}$ e $I_{Paasche}$ os Índices de Laspeyres e Paasche, calculados conforme as fórmulas 12 e 14, respectivamente.

Esse índice acabou ficando conhecido como "Índice Ideal de Fisher". As idéias de Fisher (1927) baseavam-se no fato de que a fórmula de Laspeyres, por manter constantes as quantidades consumidas, superestimaria o índice real de evolução dos preços, uma vez que o princípio da Teoria do Consumidor - de que este migra para outros produtos à medida que os preços dos similares aumentam (sem sair da mesma curva de utilidade) -, acabaria sendo violado. Por outro lado, o índice de Paasche subestimaria a evolução dos preços, uma vez que as quantidades do período final estariam ajustadas segundo a variação relativa dos preços dos bens substitutos/complementares durante o período. Sendo assim, a fórmula de Fisher, dada pela média geométrica dos dois índices, acaba por caracterizar um índice intermediário.

O índice de Fisher, indubitavelmente, é um dos mais recomendados para a utilização como índice de preço. Isso se deve ao fato de que esse índice apresenta um excelente desempenho no que se refere ao atendimento dos teste axiomáticos, aproximando-se do que passou a ser chamado índice verdadeiro.

O maior mérito do índice de Fisher é atender ao teste da reversão de fator, que por ser tão polêmico não é considerado nas sistematizações de muitos autores, como Diewert (2001), por exemplo. Esse último utilizou 20 testes que eram atendidos pelo índice de Fisher para estabelecer sua sistematização. O índice de Fisher seria o único a atender a todos os 20 testes simultaneamente. Além desses, é um dos poucos que atende à reversão de fator. O índice também atende ao teste da determinação.

Porém, o índice de Fisher continua não sendo capaz de atender ao teste da circularidade. Apesar disso, o autor demonstrou que o resultado do índice era muito

aproximado do que seria esperado de um índice que atendesse a esse teste ao aplicá-lo, empiricamente, sobre uma base real de dados. Fisher chegou a afirmar que o atendimento a esse teste seria uma prova da inconsistência da fórmula.

Com o avanço do enfoque econômico a tese de Fisher ganhou força, reduzindo a importância do teste da circularidade, que até mesmo foi excluído das exigências de muitos autores. Isso tudo ocorreu até que aparecesse a grande contribuição de Divisia, economista que revolucionou a Teoria dos Índices de Preço ao desenvolver a idéia dos índices contínuos, como explica detalhadamente o APÊNDICE 4.

Ainda sob o enfoque econômico, o índice de Fisher ganhou significativa sustentação. Recebeu a denominação de "superlativo" por ser ideal quando aplicado às quantidades – embora não tenha sido o único a receber esse *status* por parte do referido enfoque. Os índices de Törnqvist e Walsh (a serem apresentados) também foram assim determinados. Mais ainda, no caso do índice de custo de vida, foi demonstrado que se a função agregação fosse linearmente homogênea e diferenciável, o índice de Fisher também seria um índice ideal.

O cálculo do índice geral de preços ao consumidor final, objetivando avaliar a evolução do chamado "custo de vida", é o ponto principal das permanentes discussões em torno de qual a fórmula mais adequada.

No ano de 1998, uma edição especial do *Journal of Economic Perspectives* foi praticamente toda dedicada à discussão sobre a necessidade de revisão do Índice de Preços ao Consumidor nos Estados Unidos (*Consumer Price Index - CPI*), principal índice de custo de vida (índice de inflação) daquele país. Os *papers* contidos na revista têm como autores: Persky (1998), Boskin et al. (1998), Abrahan et al. (1998), Deaton (1998), Diewert (1998), Nordhaus (1998), Pollak (1998) e Moulton (1998). Todos apresentam comentários relevantes para a construção de índices de preços.

Persky (1998), autor do trabalho inicial da série, escreve com propriedade: *"...attempts to measure the level of prices can only produce chimerical quantifications of the unquantifiable"* (p.198).

No fundo, continua Persky (1998), o assunto que norteava a formação dos índices de preço não era nada mais do que o da mensuração do valor. Uma vez que a

moeda serve como um meio de troca de bens, o preço da moeda era um ponto inicial óbvio para se estudar o valor. O problema central da teoria do valor, reconhecido por Adam Smith e alguns de seus sucessores, surge da observação de que o valor de troca da moeda flutua, por si só, consideravelmente.

John Stuart Mill[22], na metade do século XIX, chegou a negar a existência de qualquer mensuração geral de valor, uma vez que passou a analisar a moderna concepção de oferta e demanda. Para Persky (1998), os economistas neoclássicos que seguiram Mill basearam suas teorias de valor de troca nos fundamentos das utilidades marginais. A partir daquele ponto, uma série de grandes economistas, variando de William Stanley Jevons a Alfred Marshall e a John Maynard Keynes, esforçaram-se na questão de como o enfoque neoclássico poderia gerar uma definição útil de valor.

Jevons[23] (1879), ainda analisado por Persky (1998), chegou a afirmar que o valor de uma *commodity*, sob o ponto de vista neoclássico, não teria nenhuma importância se fosse visto independentemente das várias taxas que seriam trocadas umas pelas outras e, eventualmente, sugeriu o abandono do termo "valor". Entretanto, afirmou que, em algumas situações, uma média ou índice dessas taxas de troca – preços – deveria prover importante informação para a indexação de contratos. Como resultado, o autor dispensou considerável tempo para a elaboração de índices de preços baseados em médias geométricas, uma vez que acreditava que a variação dos preços seria proporcional. Em seu trabalho de 1865[24] propôs a utilização de um índice dessa natureza, que pode ser representado pela fórmula:

$$I_{Jevons} = \prod_{n=1}^{N} \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right)^{\frac{1}{N}} \tag{16}$$

onde I_{Jevons} é o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; p_n^b o preço do

[22] MILL, J.S. **Principles of Political Economy**. London: Longmans, Green and Company, 1929.
[23] JEVONS, W.S. **Theory of Political Economy**. 2.ed. London: Macmillan and Co., 1879.
[24] JEVONS, W.S. Variations of price and the value of currency since 1762. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.28, p.249-284, 1865.

mesmo bem no período *b*. O índice é calculado por meio da média geométrica dos preços relativos (razões entre os preços nos períodos inicial e final).

A maior limitação do Índice de Jevons é o fato de que, assim como os precursores Carli e Dutot, trata-se de um índice não ponderado. Mas apesar de pouco aplicável na prática, o índice de Jevons deu importante contribuição à Teoria dos Números-Índice, sendo fundamental para o enfoque estatístico e para o estudo dos índices geométricos – como detalhado a seguir. Tal índice foi o único a atender ao teste da circularidade.

Alfred Marshall (1887) mostrou preocupação semelhante no que se refere à medição do valor e sua variação. Para Persky (1998), ele endossou a busca pelo valor de troca da moeda e também forneceu sua grande contribuição com a construção de índices de cadeia (*chain indexes*). No entanto, Marshall igualmente colocou em dúvida a possibilidade de um único valor de troca da moeda poder ser encontrado. Ele entendeu que mudanças perceptíveis no valor de troca da moeda deveriam depender de características das preferências individuais e, já que os indivíduos têm preferências distintas, nenhum índice único poderia funcionar para todos. Apesar dessa constatação, Marshall concluiu que a existência de um índice geral para a economia seria útil.

Ainda para Persky (1998), John Maynard Keynes deve ter resumido o problema da melhor forma possível. Uma contribuição importante foi seu ensaio "*Index Numbers*" [25] que venceu o "Prêmio Adam Smith" em 1909. O *paper* tinha como ponto central a discussão do importante trabalho de Walsh: "*The Measuremente of General Exchange Value*" (1901). No *paper*, Keynes ressalta que Walsh estudou e testou dezenas de fórmulas para cálculos de índices-número.

Persky (1998) conclui que, para Keynes, o problema era de agregação. Àmedida que os preços mudam, alguns indivíduos terão suas utilidades incrementadas, enquanto outros as terão reduzidas. Se o objetivo em calcular índices de preços era determinar as reais mudanças no bem-estar da comunidade, este objetivo deve ir à direção de

[25] KEYNES, J.M. Index numbers. **The collected writings of John Maynard Keynes**. London: Macmillan/Cambridge University Press, v.1, p.49-176, 1983. (Reprint of 1909 paper)

comparações interpessoais. Esse problema de agregação era composto pelas dificuldades relativas de permitir mudanças nos gostos (*tastes*) ao longo do tempo ou do espaço.

Muitas décadas depois, em sua "Teoria Geral", Keynes[26] teria sumarizado, segundo Persky (1998), seu argumento criticando o fundamento teórico de conceitos "agregativos", como o de produção real e o de nível de preço. Keynes defendia o fato de que tais instrumentos devem ser utilizados no mundo impreciso dos estudos históricos, mas concluiu que eles simplesmente não iriam ser úteis em estudos de teoria macroeconômica. Apesar da rejeição do uso de índices-número para preço e produção, o autor também tratou de elaborar seu índice de emprego, ponderado pelos salários fixos com a proposição de que diferenças em salários variam apenas lentamente. Portanto, até mesmo Keynes tinha seu índice favorito. No âmago da questão, as idéias de Keynes eram bastante semelhantes às de Marshall: à medida que as quantidades se movem nas mesmas proporções, mudanças no valor geral da moeda devem variar entre os indivíduos, de acordo com seus gostos.

Esses últimos parágrafos devem ter deixado transparecer a idéia de que um índice de preço será sempre uma aproximação a um número que procura representar movimentos heterogêneos de preços de uma amostra.

Segundo Diewert (1987), Jevons alegava que mudanças na quantidade de moeda entre dois períodos levariam a mudanças proporcionais em todos os preços, exceto pela existência de erros aleatórios. O autor argumentava que a relação de preços, p_n^t/p_n^b, seria independentemente e simetricamente distribuída em torno de uma média comum. Se essa distribuição fosse a normal, então o estimador de máxima verossimilhança da média aritmética originaria um índice de preço calculado pela fórmula de Carli. Se p_n^t/p_n^b tivesse uma distribuição log-normal – que era aquela defendida por ele -, a média mais adequada seria a geométrica, da qual surgiu sua proposta de cálculo.

Assim, a evolução natural do Índice de Jevons foi o índice geométrico ponderado. A literatura, como ressalta Melo (1982), não atribui a aplicação precursora deste índice a nenhum autor, de modo que sua denominação ficou apenas "Índice

[26] KEYNES, J.M. **The General Theory of Employment Interest and Money**. New York: Harcourt, Brace & World, 1936.

Geométrico". É importante ressaltar que esse é um dos índices utilizados na prática, para mensuração do custo de vida.

Assim, tem-se:

$$I_{Geométrico} = \prod_{n=1}^{N} \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right)^{\frac{p_n^b q_n^b}{\sum_{n=1}^{N} p_n^b q_n^b}} = \prod_{n=1}^{N} \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right)^{w_n^b} \tag{17}$$

sendo $I_{Geométrico}$ é o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; p_n^b o preço do mesmo bem no período b; q_n^b a quantidade consumida (ou produzida) do bem n no período b (o período base) e q_n^t e a quantidade consumida (ou produzida) do bem n no período t (referencial). O índice é calculado por meio de uma média geométrica dos preços relativos (razões entre os preços nos períodos inicial e final), ponderados pela participação do produto no mercado no período-base.

Mas a ponderação dos preços já foi suficiente para que o índice deixasse de atender ao teste da circularidade com exatidão. Então, concluiu-se que nenhum índice ponderado, ainda que geométrico, seria capaz de atender à circularidade. Mesmo assim, continuava a busca por índices que, então, gerassem resultados que, pelo menos, se aproximassem da circularidade. Dessa busca surgiram, dentre outros, os índices de Törnqvist e Walsh.

Os índices geométricos em geral - incluindo o de Jevons, já comentado, e os de Törnqvist e Logarítimo-Paasche, tratados mais adiante - falham no atendimento ao teste da determinação. Esses índices (agora excluindo Törnqvist) também falham no atendimento ao fundamental teste de reversão de tempo.

Retornando à cronologia de surgimento dos índices de preço, deve-se considerar os trabalhos de Walsh. Apesar da proposta ter partido de Fisher (1927), esse credita a Walsh a descoberta do "Índice de preços ideal de Fisher", já mencionada. Mesmo assim, o próprio Walsh, ainda segundo Keynes, reconheceria que, quando as quantidades mudam, nenhum desses índices provê uma mensuração perfeita do valor geral de troca

da moeda. Contudo, Walsh não desistiu de sua convicção de que tal valor existe e afirmou:

> *"If finally we must abandon the search for a general exchange value of money as hopeless and believe that no perfect method exists to be discovered, this failure of mathematics would not disprove the existence of one true variation" (Walsh, 1901).*

Como os demais, apesar das inconsistências encontradas por ele próprio nas análises, Walsh, em seu texto de 1921[27], estudado por Diewert (1987) também criou sua fórmula de cálculo, que era assim especificada:

$$I_{Walsh} = \frac{\sum_{n=1}^{N} p_n^t \left(q_n^b q_n^t\right)^{\frac{1}{2}}}{\sum_{n=1}^{N} p_n^b \left(q_n^b q_n^t\right)^{\frac{1}{2}}} \tag{18}$$

onde I_{Walsh} é o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; p_n^b o preço do mesmo bem no período b; q_n^b a quantidade consumida (ou produzida) do bem n no período b (o período base). O vetor de ponderação é composto pela média geométrica das quantidades nos dois períodos.

O Índice de Walsh não atende a alguns testes axiomáticos, ainda que tenha forte apelo estatístico e econômico. Não atende a dois dos quatro testes de monotonicidade (ver APÊNDICE 3), nem aos testes de reversão de preço, do limite de Laspeyres e Paasche. Por outro lado, é considerado um índice "superlativo" sob o enfoque econômico e, portanto, é fortemente recomendado sob algumas condições. Apresenta uma pequena superioridade axiomática em relação ao Índice de Törnqvist, que não atende a nenhum dos testes de monotonicidade. O Índice de Walsh também não atende

[27] WALSH, C.M. The best form of index number: discussion. **Quarterly Publication of the American Statistical Association**, v.17, p.537-544, 1921.

aos controversos testes da circularidade e de reversão de fator. Não atende, inclusive, ao teste da determinação.

É importante que se exponham as outras fórmulas de interesse para a Teoria dos Números-Índice.

Fisher (1927), além de propor a amplamente difundida fórmula de cálculo do "Índice Ideal de Fisher", já descrita pela expressão (15), lançou mão dos diversos tipos de médias que poderiam ser utilizadas para o cálculo dos índices, tais como a aritmética, geométrica, harmônica etc. Por exemplo, a média harmônica simples dos preços relativos, utilizada por Coggeshall (1886), resulta no seguinte índice:

$$I_{Coggeshall} = \frac{N}{\sum_{n=1}^{N} \left(\frac{p_n^b}{p_n^t} \right)} \tag{19}$$

sendo $I_{Coggeshall}$ o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; e p_n^b o preço do mesmo bem no período b. Observa-se que a média harmônica utiliza os recíprocos dos preços (seus inversos). Matematicamente é comprovado que essa média é sempre inferior à aritmética.

Já o exemplo de utilização da média geométrica, apresentado por Fisher (1927), foi a fórmula de Jevons, ilustrada na expressão (14). Há ainda outras duas fórmulas avaliadas por Fisher e que tiveram alguma utilização prática no cálculo dos índices: Índice Logaritmo Paasche e Índice Harmônico Laspeyres. Apesar de nenhum autor levar o crédito desses índices, sua nomenclatura foi proposta por Vartia (1978)[28].

A fórmula para cálculo do Índice Logaritmo Paasche nada mais é que a mesma do Índice geométrico, já apresentado ($I_{Geométrico}$), porém a ponderação é feita pelo período referencial. Portanto:

[28] VARTIA, Y. Fisher's five-tined fork and other quantum theories of index numbers. In: EICHHORN, W.; HENN, R.; OPITZ, O.; SHEPAHRD (Ed.). **Theory and Applications of Economic Indices**. Würzburg: Physica-Verlag, 1978. p.271-295.

$$I_{LogPaasche} = \prod_{n=1}^{N} \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right)^{w_n^t} \tag{20}$$

Já o Índice Harmônico Laspeyres apresenta a seguinte fórmula:

$$I_{HarLaspeyes} = \frac{1}{\sum_{n=1}^{N} w_n^b \left(\frac{p_n^b}{p_n^t} \right)} \tag{21}$$

Nessas expressões, $I_{LogPaasche}$ é o Índice Logaritmo Paasche, e $I_{HarLaspeyres}$ é o Índice Harmônico Laspeyres. Ambos são médias dos preços relativos, ponderados pelo peso, com w_n^t e w_n^b sendo definidos como originalmente nas expressões (11) e (13), respectivamente.

Seguindo o histórico da proposição de fórmulas de cálculo, deve-se considerar, ainda, a importante contribuição de Törnqvist (1936), cuja expressão proposta para o índice de preço era:

$$I_{Törnqvist} = \prod_{n=1}^{N} \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right)^{\frac{\frac{p_n^b q_n^b}{\sum_{n=1}^{N} p_n^b q_n^b} + \frac{p_n^t q_n^t}{\sum_{n=1}^{N} p_n^t q_n^t}}{2}} = \prod_{n=1}^{N} \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right)^{\frac{w_n^b + w_n^t}{2}} \tag{22}$$

onde $I_{Tornqvist}$ é o índice de preços do período t (referência) em relação ao período b (base); N o número de bens (ou serviços); p_n^t o preço do bem n no período t; p_n^b o preço do mesmo bem no período b; q_n^b a quantidade consumida (ou produzida) do bem n no período b (o período base).

O Índice de Törnqvist e também o de Theil (que são bastante semelhantes) apresentam várias limitações axiomáticas, não atendendo: aos testes das quantidades

constantes, de reversão de preço e de quantidade, do valor médio para quantidades, do limite de Laspeyres e Paasche, e aos quatro testes de monotonicidade. Ainda assim, do ponto de vista econômico, possuem forte recomendação de uso sob algumas condições. Juntamente com os índices de Fisher e Walsh são considerados índices "superlativos".

Diewert (2001) explica que, apesar de todas essas supostas limitações lógicas, quando aplicado a uma série normal de informações, o índice de Törnqvist aproxima-se bastante ao Índice de Fisher, gerando resultados muito próximos aos dos 20 testes atendidos por este último.

O Índice de Törnqvist talvez seja o exemplo mais adequado de que os enfoques devem ser considerados de modo agregado. É considerado o melhor índice sob o enfoque estatístico, apesar de apresentar limitações axiomáticas.

Até este ponto, apesar dos avanços, os estudiosos ainda não tinham adentrado-se a fundo na consideração dos aspectos da formalização da Teoria Econômica na elaboração dos seus índices ou, se tinham, suas considerações eram superficiais. A ênfase era dada aos aspectos estatístico e lógico-matemático.

Foi Könus (1939) o grande precursor do enfoque econômico. O autor propôs seu índice de preços do "custo de vida", utilizando a função de consumo (*expenditure function*) de um dado consumidor:

$$I_{Konus} = \frac{C(F(q), p^t)}{C(F(q), p^b)} \tag{23}$$

Na expressão (23), $I_{Könus}$ é o índice de Könus; $F(q)$ é uma função de n variáveis q º $(q_1,...,q_N)$. Essas representam as preferências do consumidor, caracterizando assim a função utilidade. C é a função de despesas (ou custos) do consumidor, que esse procurará minimizar visando atingir um determinado nível u de utilidade. Para tal, terá de escolher entre os n produtos, cujos preços são p º $(p_1,...,p_N)$.

Assim, tem-se que:

$$C(u,p) \; º \; min.\{p.q : F(q) \; ³ \; u\} \qquad (24)$$

A fórmula do Índice de Könus pode ser interpretada então pelo cálculo da variação do custo de vida que houve entre b e t, para que o agente atinja o mesmo nível de utilidade $u \; º \; F(q)$, tendo os preços variados de p_b para p_t.

A limitação dessa idéia diz respeito ao conhecimento das reais preferências do consumidor; ou da verdadeira função de produção da firma, caso o problema seja de maximização de lucro, para a obtenção de um índice de custo de produção (e não de um custo de vida).

Esse é um empecilho bastante conhecido no estudo da Economia em geral. Uma das soluções que passou a ser apontada é o conhecimento dos limites (*bonds*) que dependem dos preços e quantidades, mas que não dependam das funções de preferência (ou produção).

Segundo Diewert (1987), a obtenção desses limites pode se dar considerando-se que as quantidades consumidas sejam soluções do problema de minimização do custo do consumidor, ou seja, da expressão (23), supõe-se que o custo seja formado pelo dispêndio do consumidor (preços vezes quantidades consumidas), portanto:

$$p.q = C(F(q), p) \qquad (25)$$

Com isso, Könus demonstrou que as fórmulas de Laspeyres e Paasche representariam, respectivamente, os limites máximo e mínimo do domínio:

$$I_{Paasche} \leq I_{Konus} \leq I_{Laspeyres} \qquad (26)$$

Essa relação foi comprovada por Frisch (1950), desde que a função de agregação (no caso a de preferências) seja homotética[29], o que, de fato, é pouco provável na

[29] Segundo Silberberg (1990), função homotética é aquela derivada da transformação monotônica de uma função homogênea que, por sua vez, é caracterizada por apresentar declividade constante. Uma função homotética, portanto, é caracterizada por declividade uniforme, e é amplamente utilizada na teoria microeconômica para representar, especialmente, funções de utilidade. O fato de apresentar declividade constante, permite uma série de inferências sobre seu comportamento em problemas de modelagem.

realidade. O termo "função de agregação" foi proposto por Diewert, em seu trabalho de 1976, para representar a função em questão, seja ela de preferência, no caso de consumidores, seja de produção, no caso de firmas.

Könus (1939), entretanto, mostrou que, mesmo nos casos não-homotéticos, essa relação ainda seria válida, uma vez que o consumidor escolhe um vetor de quantidades que será formado por uma combinação entre as quantidades nos dois períodos, ou seja, q º $lq_1 + (1 - l)q_2$, que é uma média ponderada por algum fator l e $(1 - l)$, representando a variação nas suas aptidões (e possibilidades) no consumo entre os dois períodos.

Essa constatação é uma das principais explicações para a larga utilização dos índices de Laspeyres e Paasche em cálculos de índices de preço. Além disso, conforme explica Diewert (1987), essa é a melhor alternativa que se tem sem haver a necessidade de considerar, de fato, o formato da função de agregação F (de utilidade para o consumidor e de produção para a firma).

O avanço na Teoria dos Números-Índice passa, então, obrigatoriamente, pela necessidade de se considerar o formato da função de agregação. Dois autores destacam-se nesse sentido: o já mencionado Könus, agora juntamente com Byushgens, em 1926[30]; e o próprio Diewert (1976). Os primeiros desenvolveram o conceito de "índice exato", enquanto o segundo é responsável pela criação do termo "superlativo" para designar os índices.

Conforme Diewert (2001), o conceito de "exatidão", de Könus & Byushgens (1926) é utilizado para referir-se ao índice de preço assim determinado:

$$I_{Exato}(p^b, p^t, q^b, q^t) = \frac{c(p^t)}{c(p^b)} \tag{27}$$

O índice é, portanto, uma função de p^b, p^t, q^b e q^t, sendo calculado pela razão

[30] KONÜS, A.A.; BYUSHGENS, S.S. K probleme pokupatelnoi cili deneg. **Voprosi konyukturi**, v.2, n.1, p.151-172, 1926.

entre as funções de custo unitário[31] para o consumo de determinado bem nos períodos referência (t) e base (b), respectivamente. Essa expressão ilustra o que Frisch (1950) denominou de "critério funcional", quando afirmava que as variáveis (p^b, p^t, q^b e q^t) apresentavam dependência entre si. Nesse caso específico, os preços até podem ser independentes, mas as quantidades não o são, pois são soluções da mesma função de maximização de utilidade que envolve os preços nos dois períodos.

Os autores mostraram, também, que o Índice Ideal de Fisher (expressão 15) seria exato (sob esses conceitos) para a função de agregação homogênea quadrática que tivesse o seguinte formato:

$$f(q_1,\ldots,q_N) \equiv \left(\sum_{j=1}^{N} \sum_{k=1}^{N} a_{jk} q_j q_{kj} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{28}$$

onde f é a função agregação (representativa da função utilidade, no caso dos índices de custo de vida), q são as quantidades consumidas dos diferentes produtos, e a são parâmetros que ponderam a participação desses produtos na função. A expressão (28) ainda exige que esses parâmetros sejam simétricos, ou seja, $a_{jk} = a_{kj}$.

Já Diewert (1976) mostrou que o Índice de Törnqvist (expressão 22) seria exato para a função de custo unitário $c(p)$ do tipo *translog* definida por:

$$\ln c(p) \equiv \alpha_0 + \sum_{k=1}^{N} \alpha_k \ln p_k + \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{j=1}^{N} \sum_{k=1}^{N} \alpha_{jk} \ln p_j \ln p_k \tag{29}$$

na qual os parâmetros devem satisfazer às seguintes restrições:

[31] Conforme Silberberg (1990), função de custo unitário é uma função separável da função de agregação e representa a participação do dispêndio de cada um dos produtos na formação dessa última. No caso da função agregação ser a de utilidade do consumidor, uma função de custo unitário representaria os custo (preço vezes quantidade) que os produtos agregam a essa função.

$$\sum_{j=1}^{n} a_j = 1, \quad \sum_{j=1}^{n} a_{kj} = 0 \quad \text{para} \quad k = 1,\ldots,N \quad \text{e}$$
$$a_{hj} = a_{jk} \quad \text{para todo } k,j. \tag{30}$$

sendo p os preços dos N produtos, e a os parâmetros de ponderação da participação desses na função.

Os índices superlativos derivam, de certa forma, dos índices exatos, mas flexibilizam as ordens da função de agregação, permitindo que essa possa ser aproximada por ordens superiores. A função de ordem r, proposta por Diewert (1976), apresenta a seguinte forma:

$$f_r(q_1,\ldots,q_n) \equiv \left(\sum_{j=1}^{N} \sum_{k=1}^{N} a_{jk} q^{\frac{r}{2}}{}_j q^{\frac{r}{2}}{}_k \right)^{\frac{1}{r}} \tag{31}$$

Sob esse enfoque, Diewert (1976) concluiu que os índices de Fisher (expressão 15), Walsh (expressão 18) e de Törnqvist (expressão 22) seriam todos superlativos. Segundo o autor, qual deles é, exatamente, o melhor, ainda não se sabe, mesmo porque os resultados obtidos são muito próximos. O mesmo autor, porém, em seu trabalho de 1978, mostrou que os índices de Laspeyres e Paasche também se aproximam dos índices superlativos de primeira ordem.

Na evolução das formulações dos índices ainda deve-se considerar dois autores que apresentaram significativas contribuições, conforme Melo (1982): Theil (1973)[32] e Vartia (1976)[33]. O primeiro contribuiu no sentido de apresentar um suposto ajuste à fórmula de Törnqvist. Vartia, por sua vez, obteve sucesso ao propor duas fórmulas que satisfizessem um número maior de propriedades axiomáticas desejadas por Fisher, sendo

[32] THEIL, H. A new index number formula. **Review of Economics and Statistics**, v.55, n.4, p.499-503, 1974.

[33] VARTIA, Y. **Relative change and index number**. Helsinki: The Research Institute of the Finnish Economy, 1976.

que uma delas atendeu a quatro das seis principais propriedades. Até então, os índices existentes atendiam a apenas três propriedades.

Devido à complexidade de representação exponencial desses índices, utiliza-se a fórmula logarítmica para sua exposição:

$$\log I_{Theil} = \sum_{n=1}^{N} \frac{\left[w_n^t w_n^b \left(\frac{w_n^t w_n^b}{2} \right) \right]^{\frac{1}{3}}}{\sum_{n=1}^{N} \left[w_n^t w_n^b \left(\frac{w_n^t w_n^b}{2} \right) \right]^{\frac{1}{3}}} \log \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right) \tag{32}$$

$$\log I_{VartiaI} = \sum_{n=1}^{N} \frac{\dfrac{v_n^t - v_n^b}{\sum_{n=1}^{N} \left(\log \frac{v_n^t}{v_n^b} \right)}}{\dfrac{V^t - V^b}{\log \left(\frac{V^t}{V^b} \right)}} \log \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right) \tag{33}$$

$$\log I_{VartiaII} = \sum_{n=1}^{N} \frac{\dfrac{w_n^t - w_n^b}{\log \left(\frac{w_n^t}{w_n^b} \right)}}{\sum_{n=1}^{N} \dfrac{w_n^t - w_n^b}{\log \left(\frac{w_i^t}{w_n^b} \right)}} \log \left(\frac{p_n^t}{p_n^b} \right) \tag{34}$$

onde, para as três fórmulas: w_n^t é o peso do produto *n* no período de referência (*t*); w_n^b é o peso do produto *n* no período base (*b*); v_n^t é o valor do produto *n* no período de referência (*t*): $v_n^t = p_n^t q_n^t$; v_n^b é o valor do produto *n* no período base (*b*): $v_n^b = p_n^b q_n^b$; p_n^t

é o preço do produto n no período de referência (t); p_n^b é o preço do produto n no período base (b).

Além disso, $\sum_{n=1}^{N} w_n^t = 1$; $\sum_{n=1}^{N} w_n^b = 1$; $V^t = \sum_{n=1}^{N} v_n^t$; e $V^b = \sum_{n=1}^{N} v_n^b$.

Os Índices de Vartia I e II, juntamente com o Índice de Fisher, são os únicos que atendem aos polêmicos testes de reversão de fator e de determinação. Atendem também ao teste de reversão de tempo. Contudo, há alguns axiomas que não são atendidos por esses índices, especialmente os de reversão de preços e de quantidades, e os de monotonicidade.

O que torna o Vartia I interessante é o fato que, dentre os índices mais avançados (Fisher, Törnqvist, Theil e Walsh), seria o único a atender ao teste de consistência na agregação. Esse teste, conforme defende Melo (1982), exige que os subconjuntos sejam definidos de tal modo que não haja interseção entre quaisquer subconjuntos e que, afinal, o índice calculado em estágios seja igual ao índice calculado a partir das informações desagregadas. Tal concepção teria partido de Theil (1967)[34].

Por atender a tais propriedades, o Índice de Theil pode chegar a ser considerado por alguns como o mais evoluído. Essa constatação, porém, pode não ser assim tão relevante, uma vez que é uma propriedade procurada para a elaboração de índices com objetivos específicos.

Até este ponto, as considerações ajustam-se aos casos de apenas um agente (um consumidor ou uma firma). Portanto, os índices apresentados seriam adequados, por exemplo, para o cálculo da variação do custo de vida de um determinado consumidor.

Na realidade, geralmente o que se busca é um índice que meça as variações considerando um grupo de agentes e não um em separado. Via de regra, o que se faz é admitir que exista um agente padrão, com uma função utilidade (ou produção) bem definida, que represente satisfatoriamente sua população original. Dessa maneira, os índices são calculados considerando-se esse (único) indivíduo e supondo-se que o resultado seja um comportamento representativo da população como um todo.

---

[34] THEIL, H. **Economics and Information Theory**. Amsterdam: North Holland Publishing Company, 1967.

Além desse enfoque, surgiram na Teoria Econômica tentativas de modelagem dos problemas de cálculo de índices para agregados. Uma contribuição nesse sentido é o índice do preço da produção de Fisher-Shell (1972)[35], citado por Diewert (1987), calculado da seguinte forma:

$$I_{Fisher-Shell}{}^{i}(w^b, w^t) \equiv \frac{g^i(w^t, v^i)}{g^i(w^b, v^i)}, \quad \text{sendo que } i \text{ pode ser } b \text{ ou } t. \tag{35}$$

Na expressão (35), $g^i(w,v)$ é o valor máximo da produção que um determinado setor pode produzir no período *i*, dado que cada firma depara-se com o vetor de preços *w* dos seus produtos, tendo à sua disposição o vetor de insumos *v*. Portanto, trata-se do índice do preço da produção de Fisher-Shell do período referência (*t*) em relação ao período base (*b*), utilizando-se a tecnologia (nível tecnológico) e o vetor de insumos do período *i* (que pode ser *t* ou *b*).

Diewert (1987), citando seu próprio trabalho de 1986[36], mostrou que, assumindo que a função de produção $g^i(w,v)$ apresenta uma forma funcional do tipo translog para cada *i*, a média geométrica dos índices de preço da produção de Fisher-Shell originaria um índice de preço do tipo translog de Törnqvist:

$$I_{Diewert}(w^b, w^t, y^b, y^t) \equiv \left(I_{Fisher-Shell}{}^{b}(w^b, w^t) \times I_{Fisher-Shell}{}^{t}(w^b, w^t)\right)^{\frac{1}{2}}, \tag{36}$$

onde y^b e y^t são os vetores de produção nos períodos *b* e *t*.

Esses são alguns dos principais aspectos históricos e metodológicos da construção de índices de preços. Apesar desses incansáveis esforços, ainda é muito questionável a possibilidade de agregação de distintas funções de utilidade e produção em apenas um número.

---

[35] FISHER, F.M.; SHELL, K. The pure theory of the national output deflator. In: FISHER, F.M.; SHELL, K. **The Economic Theory of Price Indices**. New York: Academic Press, 1972. p.49-113.

[36] DIEWERT, W.E. **Microeconomic approaches to the theory of international comparisons**. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 1986. (Technical Working Paper, 53)

Diante de todas as discussões teóricas, Persky (1998) afirma que:

> *"As long as neoclassical economics rejects the comparison and aggregation of utility levels, it's not exactly clear what an aggregate price index can mean in neoclassical terms" (p.202).*

Apesar do vácuo teórico existente na explicação neoclássica para o fundamento de um índice, é inegável sua larga utilização e, conseqüentemente, sua utilidade para a sociedade como um todo. Além disso, deve-se reforçar que grande parte das discussões teóricas advém da necessidade de mensuração do "custo de vida" pelos chamados índices de preço ao consumidor. Carmo (1987) escreveu:

> *"A história da aplicação de números-índice à economia está estreitamente ligada à noção de índice de preços ao consumidor, como uma 'proxy' de variações no poder de compra da moeda" (p.15).*

Para situações mais simples, como a mensuração do preço de um produto ou serviço específico, muitas das controvérsias perdem o sentido, dado que não se estaria mais diante do dilema da agregação de produtos e das utilidades individuais, tornando-se, exclusivamente, uma mera medida matemática e estatística. Ainda assim, o problema da construção dos números-índice está diretamente relacionado ao da agregação de itens diferentes, ou heterogêneos.

Portanto, na literatura científica da Economia, maior atenção é dada aos chamados índices de preços ao consumidor. Os índices baseados em negócios de bolsas (de valores, de ações, de mercados futuros etc.) também surgem com relevância no meio acadêmico. Um recente trabalho nesta área na literatura brasileira é o de Perobelli e Mattos (2002).

Especificamente em relação aos índices de fretes, há um número relativamente menor de trabalhos de pesquisa a respeito. No capítulo 4 são tratados os principais índices de frete existentes, com destaque para os índices de frete marítimo, que são os mais consolidados.

Deve-se ressaltar que as pesquisas em torno dos índices de preços em geral, ainda que não exatamente voltadas para a atividade de transportes, são úteis para o

entendimento dos índices de fretes, tanto no que se refere ao arcabouço teórico-metodológico quanto à sua elaboração e interpretação.

3.2 Considerações finais

A exposição acerca das principais fórmulas, tendo como base os enfoques econômicos, estatísticos e lógicos, fornece uma idéia de quais seriam as mais adequadas sob cada um deles.

Com a análise dessas metodologias é possível se estabelecer, ainda que de forma subjetiva, uma ordenação aproximada das melhores fórmulas. Na Tabela 12 é apresentando um *ranking* das 16 fórmulas analisadas sob cada um dos enfoques e, na última coluna, considerando todos os enfoques conjuntamente, para oito fórmulas selecionadas.

Tabela 12. Ranking das fórmulas segundo os enfoques de análise dos índices.

	Axiomático	Estatístico	Econômico	Integrado
1°	Fisher	Törnqvist e Theil,	Walsh	Fisher e Walsh
2°	Walsh	Walsh, Fisher, Vartia I e II	Fisher, Törnqvist, Theil, Vartia I e II	Vartia I
3°	Vartia I	Laspeyres e Palgrave	Laspeyres e Palgrave	Törnqvist, Theil, Vartia II
4°	Vartia II	Harmômico Laspeyres		Laspeyres
5°	Törnqvist e Theil	Geométrico e Logarítimo Paasche		Paasche
6°	Laspeyres e Paasche	Jevons		
7°	Geométrico e Logarítimo Paasche	Carli		
8°	Palgrave e Harmônico Laspeyres			
9°	Carli, Coggeshal e Jevons			
10°	Dutot			

O esforço de Fisher na busca por um índice ideal teve no atendimento a axiomas lógico-matemáticos seu principal fundamento. E o autor teve significativo sucesso ao propor uma metodologia de cálculo que atendesse ao maior número de quesitos lógicos possível. De fato, com toda a evolução da Teoria, o Índice de Fisher – sob o enfoque axiomático – é considerado o superior.

Seguido de Fisher, aparecem outros índices considerados superiores pelo fato de atenderem ao importante teste de reversão de tempo. É o caso de Walsh, Vartia (I e II), Törnqvist e Theil. Outros, como os geométricos e derivados de Lowe (Laspeyres, Paasche etc.), apesar de sua larga utilização prática, não atendem a esse teste.

Índices não ponderados, como Carli, Coggeshal, Jevons e Dutot, aparecem nos últimos níveis sob o enfoque axiomático não por não atenderem a muitos testes, mas sim por serem não-ponderados. Aliás, é sua simplicidade (não consideram as quantidades) que tornam os testes facilmente atendidos.

O capítulo seguinte apresenta as experiências nacionais e internacionais de aplicação da teoria dos índices de preços especificamente para os serviços de transportes.

4 ÍNDICES PARA TRANSPORTES

Indicadores relacionados aos serviços de transportes podem apresentar várias utilidades, tanto para funções administrativas de uma firma, visando auxílio na tomada de decisões específicas, quanto no âmbito macroeconômico, para nortear políticas públicas e privadas.

Wilson (1969) preocupou-se em levantar evidências sobre a influência dos custos de transporte sobre o nível de preços geral da economia. Segundo o autor, haveria três aspectos nos transportes, geralmente citados, que lhes rendiam um papel pouco diferente das demais indústrias na definição da inflação. Primeiro é o fato de ser um dos principais insumos de produção que, assim como a mão-de-obra, está presente em todos os produtos; segundo, é um setor sujeito à forte regulamentação pública; e terceiro, geralmente os investimentos em estruturas de transporte são públicos e, portanto, menos sujeitos às forças de mercado e sujeitos a alocações ineficientes.

O autor reconhecia que os transportes eram importantes meios de realizações de políticas públicas em geral, tais como benefícios sociais, incentivos regionais, medidas antitruste, defesa nacional, dentre outros. Qualquer imperfeição - segue Wilson - na condução dessas políticas, tendo os transportes como meio, é capaz de provocar má alocação de recursos e, conseqüentemente, problemas de ordem econômica em geral, principalmente para a iniciativa privada:

> *"The mixture of these public and private ingredients may produce a result even more wasteful of resources than either standing alone. It is in this sense the transportation may be viewed in the macrocontext of the general price level" (p.261).*

Nos próximos parágrafos são abordados, sucintamente, índices de fretes encontrados na literatura ou no meio de negócios. Alguns são elaborados por instituições de interesse público, como universidades e bolsas de negócios, outros são construídos por empresas privadas com algum interesse nesse tipo de informação. Essas iniciativas são relevantes no sentido de proporcionar idéias para a elaboração dos índices a serem propostos nesta tese.

4.1 Índices do *Bureau of Labor Statistics* (BLS)

Um artigo do *Bureau of Labor Statistics (BLS)* dos Estados Unidos, elaborado por Mack (1956), representa de maneira interessante os efeitos dos custos de transporte sobre os níveis gerais de preços naquele país. O estudo contempla o turbulento período entre o pós-depressão e o pós-Segunda Guerra (1935-1955), no qual houve uma grande movimentação nos preços da maioria dos bens e serviços.

A análise de Mack (1956) referiu-se ao custo do transporte urbano de passageiros, tanto o transporte público quanto o privado. Foi utilizado o *Consumer Price Index (CPI)*, do BLS, e suas sub-parcelas referentes aos transportes mencionados.

De uma maneira geral, os índices de preço ao consumidor - tal como o CPI norte-americano - contemplam o transporte público e privado de passageiros. Essas são as principais fontes das informações de valor de transporte que se encontram na literatura. Para o transporte de cargas, as referências - e os índices - são mais escassas.

No texto de Mack (1956), pela riqueza de acontecimentos no período contemplado (1935-1955), tem-se exemplos de como os índices podem ser importantes para o entendimento dos fatos e das transformações econômicas. Os preços de tarifas públicas aumentaram modestamente no período entre 1935 e o fim da Segundo Guerra, enquanto os preços de automóveis e os custos de sua manutenção aumentaram 25%. No período seguinte, entre o fim da Guerra e 1955, ambos preços aumentaram bruscamente: os automóveis subiram 45% e o transporte público mais que dobrou nesses nove anos.

Considerando-se o período completo de 20 anos entre 1935 e 1955, Mack (1956) mostra que o custo do transporte privado subiu menos que o público, ainda que o seu uso

relativo tenha crescido mais fortemente, refletindo um incremento no uso de automóveis. Todos esses acontecimentos são explicados, no artigo, pelas políticas de racionamento devido à guerra, para alguns produtos como o diesel, aço, borracha etc. Além disso, essas movimentações distintas de preços obrigaram o BLS a passar a considerar os dois tipos de transporte separadamente, a partir de 1956, retrocedendo a 1935.

Especificamente em relação ao transporte de cargas, uma das primeiras tentativas de construção de índices de fretes que se tem conhecimento na literatura diz respeito a um trabalho do próprio *Bureau of Labor Statistics* do *U.S. Departmant of Labor*, do governo federal norte-americano, publicado no ano de 1975 por Carolyn S. Fehd.

No início dos anos 70, segundo Fehd (1975), o *BLS* reconhecia a necessidade de expandir seu programa de acompanhamento dos preços de vários serviços até então não contemplados, sendo o de transportes um deles. Foram criados os *"BLS Railroad Freight Indexes"*, retroativos ao mês de janeiro do ano 1969.

O *BLS Railroad Freight Index (BRFI)* foi desenvolvido para medir variações nos preços do transporte ferroviário nos Estados Unidos[37]. A fórmula utilizada foi a de Laspeyres, com ponderações fixas, conforme representado na expressão (12).

Segundo Fehd (1975), o propósito do índice era medir a variação pura nos preços entre dois períodos, ou seja, medir a variação não influenciada por mudanças nas quantidades, nos termos de embarque, no tipo de serviço, no *mix* de produtos, ou outro fator qualquer.

Para tanto, a autora coloca que eram necessárias especificações precisas, que incorporassem os principais fatores determinantes do preço, tais como o tipo de *commodity*, a origem, o destino, a quantidade, a rota, os serviços e o tipo de vagão. Os

[37] Os propósitos daqueles indicadores, segundo Fehd (1975) seriam: disponibilizar ao público em geral informações consistentes sobre o comportamento dos valores de frete; deflacionar o valor do produto da indústria de transporte; balizar contratos entre transportadores e embarcadores; contribuir para os estudos do crescimento econômico; contribuir para estudos das relações inter-industriais; contribuir para comparações entre variações nos custos do seu transporte e nos preços dos produtos em si; e avaliar o desempenho da indústria ferroviária, ao comparar os índices de frete com outros indicadores, como o nível de emprego, o faturamento, a produtividade e os custos. Enfim, a autora resume adequadamente os propósitos de um índice de frete.

preços são aqueles em evidência no décimo quinto dia do mês. Nos próximos parágrafos são apresentados os principais procedimentos metodológicos descritos por Fehd (1975).

O preço do frete no transporte ferroviário considerado era dado em dólares por unidade transportada e de acordo com o tipo de serviço prestado entre dois pontos de origem e destino. Tais serviços envolviam, por exemplo, seguros, provimento de equipamentos de proteção, apoio para utilização de vagões específicos etc.

As informações eram obtidas diretamente dos bilhetes de embarque denominados *railroad waybill"*[38]. Esses papéis continham todas as informações necessárias para a montagem dos indicadores. A Comissão de Comércio Interestadual dos EUA *(Interstate Commerce Commission – ICC)* exigia que todos os bilhetes fossem enviados para seu controle, o que permitia o fácil acesso à informação.

A existência desse tipo de procedimento facilitou a implantação do índice para aquele contexto, o que não ocorre, por exemplo, com o transporte rodoviário no Brasil. Portanto, a disponibilidade da informação é um ponto crucial em uma iniciativa de construção de índices de frete.

Em 1969, o *BLS* pretendia iniciar a elaboração do índice com uma amostra de 1% da totalidade dos conhecimentos de embarque ferroviário, o que perfazia 240 mil documentos, de um total de 24 milhões de embarques. Análises estatísticas mostraram que uma amostra ao redor de 500 bilhetes (0,208%) seria suficiente para a elaboração do índice, o que reduzia sensivelmente os custos da operação de cálculo, sem comprometimento da sua qualidade.

Naquele ano a amostra foi então montada com 536 embarques que contemplavam 264 tipos de produtos diferentes, posteriormente organizados em 11 grupos de *commodities*. Portanto, essas mesmas rotas seriam atualizadas mensalmente, para a elaboração do índice. Na Tabela 13 transcreve-se os índices obtidos pelo *BLS* no período contemplado no estudo, adotando-se como base a média anual de 1969.

[38] No Brasil esses documentos são chamados de "conhecimento de embarque".

Tabela 13. Índices de Preço para o Frete Ferroviário: *BLS Railroad Freight Index*, 1969-1974.

Mês	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Janeiro	99,5	105,2	119,2	123,3	127,4	134,8
Fevereiro	99,5	105,2	119,3	126,0	127,4	137,5
Março	99,5	105,2	119,3	126,0	127,4	143,2
Abril	99,5	105,2	123,4	126,1	127,4	144,0
Maio	99,5	105,3	123,4	126,2	127,4	144,3
Junho	99,5	110,0	123,7	126,2	127,4	144,8
Julho	99,6	110,1	123,7	126,2	127,6	157,5
Agosto	99,6	110,1	123,5	126,1	127,7	157,8
Setembro	99,6	110,2	123,6	126,1	131,1	158,0
Outubro	99,6	110,2	123,5	126,0	133,6	158,0
Novembro	99,6	110,2	123,4	127,4	133,8	158,0
Dezembro	105,2	119,1	123,2	127,4	133,8	158,3
Média anual	100,0	108,8	122,4	126,1	129,3	149,7

Fonte: Fehd (1975)

O cálculo do índice separadamente, gerando sub-índices para os grupos de produtos escolhidos, permitia maior riqueza nas informações. Os grupos foram assim estipulados: produtos agrícolas; minerais metálicos; carvão; minerais não-metálicos; produtos alimentícios; produtos madeireiros; papéis e celulose; produtos químicos; cimento, concreto, gesso ou produtos rochosos; produtos metálicos; e equipamentos de transporte.

Fehd (1975) encontrou alguns problemas de mensuração na metodologia proposta, principalmente em função das peculiaridades dos serviços envolvidos em cada embarque. A autora chamava esta característica da indústria de transporte ferroviário de *"service-oriented"*.

A qualidade dos serviços era difícil de ser quantificada, o que poderia gerar vieses nos índices. A autora atribuía essa qualidade a dois aspectos: a rapidez com que o serviço era prestado e a segurança e a facilidade de carregamento/descarregamento proporcionada pelo tipo de vagão.

Os trabalhos de elaboração do *BRFI* culminaram com a criação de diversos outros índices específicos para os diferentes segmentos da indústria norte-americana, que são elaborados até a atualidade.

4.2 Índices da *Shanghai Shipping Exchange*

Outra importante referência sobre índices de fretes é documentada por Xin (2000), onde é proposta a criação de indicadores de preço para o transporte chinês de contêineres. O autor deixa clara a importância dos índices de frete para o transporte marítimo:

> *"It can be safely alleged that any shipping operator or broker cannot succeed in their pursuit of a stable and sustained development without keeping a keen eye on relevant freight index es" (p.303).*

Xin (2000) reconhece a existência de diversos índices de frete marítimo para granéis sólidos e líquidos, como os índices do Báltico, mas identifica uma lacuna no acompanhamento do transporte de contêineres. Segundo ele, o motivo desta ausência poderia ser explicado pelo fato de que, no passado recente, o transporte de contêineres era controlado por conferências, ao invés de ser afetado diretamente pelas forças de mercado. Aliado a esta evidência tem-se o aumento expressivo desse tipo de transporte na China[39]. O autor cita o exemplo da companhia Cosco, que se tornou uma das maiores do mundo, tendo o Porto de Xangai como uma referência na movimentação de contêineres.

A primeira dificuldade na elaboração dos indicadores, segundo Xin (2000), refere-se à não-disponibilidade de informações: *"The main reason is that the companies want to keep their rate and volume confidential" (p.304).*

Em vista dessa dificuldade foi criada uma comissão para a elaboração dos índices, que recebe as informações de fretes reais praticados pela indústria de navegação

[39] Para informações adicionais sobre as mudanças econômicas vividas pela China, sugere-se o livro de Oliveira (1990).

e compromete-se em garantir que as mesmas sejam confidenciais. Apenas os índices são publicados.

Xin (2000) reconhece que a fórmula matemática para o cálculo do índice deveria seguir a base da Teoria Econômica. Como a mensuração da utilidade é tarefa bastante complexa, esse assunto tem ficado a cargo de estudos teóricos. O importante, para o caso dos índices de frete, é, portanto, seguir preceitos metodológicos de maneira que os aproxime o máximo possível da realidade.

O autor defende a idéia de que se o índice for utilizado apenas para mensurar a variação nos preços do frete, e não nas demais variáveis do transporte, um método simples de cálculo pode ser utilizado. No entanto, ponderações de volume ou valor transportado deveriam ser utilizadas no cálculo para melhor refletir o comportamento do mercado, exigindo, conseqüentemente, maior preocupação metodológica. A fórmula de Laspeyres foi adotada por Xin (2000) para a compilação dos índices.

Xin (2000) preocupa-se também com a consideração de fatores internos e externos inerentes ao serviço de frete propriamente dito. Os fatores internos estariam relacionados ao valor do frete, sua oferta e demanda. Os externos estariam ligados ao valor da mercadoria, por exemplo. Segundo ele, ambos fatores deveriam ser considerados conjuntamente, de maneira que o frete realizado por uma companhia seria assim formado:

$$P_i = A_i + B_i \tag{37}$$

onde P_i é o valor do frete, A_i é a parte do frete influenciada por fatores internos e B_i a parte influenciada por fatores externos.

O seguinte raciocínio é documentado por Xin (2000): do ponto de vista de uma determinada linha de frete (operada por uma companhia), A_i apresenta-se aproximadamente estável no mesmo período, enquanto B_i apresenta-se fortemente aleatório. Porém, olhando-se para todas as companhias em um determinado período, a média dos fatores B_i tende a apresentar-se estável também, sendo denominado de B_m ou B_0. Portanto, para o cálculo do período m, o frete P_m pode ser expresso como em (38):

$$P_m = \frac{1}{n}\sum A_{im} + \frac{1}{n}\sum B_{im} = \frac{1}{n}\sum A_{im} + B_m \tag{38}$$

e

$$P_0 = \frac{1}{n}\sum A_{i0} + B_0 \tag{39}$$

Com essas idéias, Xin (2000) conclui que o índice de preço, que é calculado baseando-se na comparação entre P_0 e P_m, reflete, basicamente, a influência de A_i, ou seja, a flutuação dos fatores internos.

Um outro passo de Xin (2000) diz respeito ao método de cálculo do frete propriamente (P_i). E este parece ser o mais importante. Procurou-se esquematizar as possibilidades sugeridas pelo autor – denominadas por ele de *"plans"* - na Tabela 14.

Tabela 14. Fórmulas para cálculo do *Shangai Shipping Exchange Index*.

Planos	Descrição	Fórmula	Definições
A	Média simples do frete de todas as companhias (e linhas), operando em todos os portos.	$P_i = \left(\sum_j \sum_k P_{jki}\right) \Big/ n$	P_{jki} é o frete realizado por todas as companhias j, carregando no porto k; $n = j \times k$.
B	Média simples das principais companhias operando em todos os portos.	$P_i = \left(\sum_j \sum_k P_{jki}\right) \Big/ n$	Idem anterior, porém apenas considerando as principais companhias (responsáveis por mais de 5% do frete).
C	Média simples após a ponderação dos fretes de determinados portos, servidos pelas principais companhias.	$P_i = \left(\sum_k \left(\sum_j P_{jki} \times W_j\right)\right) \Big/ n_1$	W_j é a parcela transportada pela companhia j na linha i; n_1 é o número de portos.

Tabela 14. Fórmulas para cálculo do *Shangai Shipping Exchange Index*.

Planos	Descrição	Fórmula	Definições
D	Média ponderada após a obtenção das médias simples de certos portos servidos pelas principais companhias.	$P_i = \left(\sum_j \left(\sum_k P_{jki} \times W_k \right) \right) \Big/ n_2$	W_k é a parcela transportada do porto k na linha i; n_2 é o número das principais companhias.
E	Média geral ponderada dos fretes de todos os portos servidos pelas principais companhias.	$P_i = \sum_{jk} P_{jki} \times W_j \times W_k$	

Fonte: Adaptado de Xin (2000)

Utilizando-se de todas essas hipóteses, o autor calculou os índices comparando-os e concluiu que: (i) os resultados de todos os planos são aproximadamente iguais, mas a flutuação da freqüência nos planos ponderados (C, D e E) é mais evidente que nos planos médios (A e B); e (ii) a correlação entre os preços dos fretes ponderados é menor que a dos fretes médios. Xin (2000) opta pela utilização do Plano E.

A preocupação seguinte do autor referia-se à amostragem para a elaboração dos índices. Os princípios a serem analisados, segundo ele, eram a distribuição regional e a correlação entre os fretes e os índices encontrados. Utilizando-se desses princípios e após testes estatísticos, algumas linhas foram eleitas por Xin (2000).

As linhas (por destino) originalmente escolhidas foram as seguintes: Coréia, Japão, Sudeste Asiático, Austrália/Nova Zelândia, Golfo Pérsico/Mar Vermelho, Mediterrâneo, Europa, Leste da África, Oeste da África, Leste da América, Oeste da América, África do Sul, América do Sul, Hong Kong e Taiwan.

Devido à correlação existente, algumas poderiam ser omitidas: Austrália/Nova Zelândia, Leste da América, Leste/Oeste da África, África do Sul/América do Sul e Taiwan. De acordo com o princípio da representatividade, as linhas com participação inferior a 3% do total transportado também poderiam ser omitidas. Eram elas: Austrália/Nova Zelândia, Leste da África, Oeste da África, África do Sul, América do

Sul e Taiwan. De acordo com o princípio da distribuição regional, as linhas do Leste e Oeste da África poderiam ser combinadas, da mesma forma que as linhas da África do Sul e América do Sul.

Xin (2000) testou os resultados dos índices que eram gerados com as omissões inicialmente propostas. Três amostras foram construídas: (i) com todas as 15 linhas; (ii) com 13 linhas, omitindo-se apenas Austrália/Nova Zelândia e Taiwan; e (iii) com 9 linhas, omitindo-se Austrália/Nova Zelândia, Golfo Pérsico/Mar Vermelho, Leste da África, Oeste da África, África do Sul e América do Sul.

O autor concluiu que a omissão de linhas responsáveis por pequeno percentual transportado e com baixa correlação apresentava praticamente nenhuma influência sobre o índice. Como resultado, Xin (2000) recomendou a utilização de 11 linhas: Hong Kong, Coréia, Japão, Sudeste Asiático, Mediterrâneo, Europa, Leste da América, Oeste da América, África do Sul/América do Sul, Oeste/Leste da África e Austrália/Nova Zelândia.

A metodologia proposta por Xin foi aceita pela *Shanghai Shipping Exchange (SSE)* e vem sendo utilizada. A caracterização desta Bolsa e de seus índices é apresentada a seguir[40].

A *Shanghai Shipping Exchange (SSE)* foi fundada no dia 28 de novembro de 1996, pelo Ministério das Comunicações da China e pela Prefeitura de Xangai, ressaltando que o *Department of Water Transport (*Departamento de Transporte Aquático) faz parte desse ministério chinês.

Resumidamente, as funções básicas da Bolsa são padronizar as transações no mercado de navegação, contribuir para regular as tarifas de fretes e produzir e difundir informações desse setor[41].

---

[40] A referência utilizada é Shanghai Shipping Exchange (2003).

[41] Para tal, criou-se o *Shanghai International Shipping Service Center* (Centro de Serviço Internacional de Navegação de Xangai), um local onde empresas portuárias, agências de navegação, órgãos de inspeção estatal, empresas de seguros e finanças, advocacias, firmas de consultoria, entre outros agentes ligados ao transporte marítimo fixaram seus escritórios. O Centro visa facilitar transações e atrair negócios para Xangai. Dentre os serviços de informação da Bolsa constam a publicação de boletins semanais e mensais sobre o mercado de fretes marítimos, respectivamente o *Shipping Exchange Bulletin* e a *Newsletter of Current Shipping Information*.

Destacam-se, entre as atividades desempenhadas pela *SSE*, a elaboração e divulgação de dois índices de fretes: o *China Export Container Freight Index - CECFI* ou *CCFI* (Índice de Frete de Contêineres para Exportação da China) e o *China Coastal Bulk Freight Index – CCBFI* (Índice de Fretes de Cargas Costeiras da China).

O *China Export Container Freight Index (CECFI* ou *CCFI)* começou a ser publicado em 13 de abril de 1998. Segundo a própria Bolsa, na época em que foi lançado, era o segundo mais importante índice de fretes do mundo, ficando atrás apenas do Baltic Freight Index. Por espelhar o desenvolvimento do mercado de transporte por contêineres, o *CECFI* constitui-se numa referência para a tomada de decisões não só comerciais, mas também políticas.

Critérios relativos à distribuição geográfica, ao volume movimentado e à freqüência das operações – com base na relevância da linha – nortearam a seleção de 11 rotas para a composição do índice. Atualmente, 13 empresas chinesas e estrangeiras com grande participação no mercado de transporte marítimo contribuem voluntariamente para a elaboração do *CECFI*, fornecendo informações sobre negócios e preços de fretes.

O índice é calculado a partir dos valores levantados, ponderados com base nos volumes transportados em cada linha. A fórmula utilizada é a de Laspeyres, sendo que a base igual a 1.000 data de janeiro de 1998. O *CECFI* e seus onze sub-índices (referentes às rotas individuais) são publicados pela *SSE* às sextas-feiras.

Já o *China Coastal Bulk Freight Index (CCBFI)*, lançado em janeiro de 2000 – após três anos em estudo -, é um índice semanal composto, que considera cinco tipos de cargas e 18 rotas de cabotagem operadas na China. Sub-índices correspondentes a cada uma dessas cargas e rotas, individualmente, são também calculados.

As cargas escolhidas para compor o *CCBFI* são as cinco mais movimentadas nos portos chineses: carvão mineral, petróleo e seus derivados, minérios e grãos. O peso para ponderação de cada carga é determinado pela proporção do volume que cada uma ocupa nos parques de armazenamento dos portos em relação ao volume total ocupado pelas cinco cargas. O peso mínimo de cada tipo de carga no índice é 5% atualmente.

De acordo com a *SSE*, a seleção das linhas de navegação foi baseada no volume médio transportado em cada uma delas, assim como na sua cobertura geográfica.

Seguindo esses critérios, foram escolhidas 18 linhas que cobrem a costa chinesa para integrar a amostra do *CCBFI*.

O levantamento dos preços de frete ocorre por meio de 19 membros do chamado Comitê de Compilação dos Dados do *CCBFI (CCBFI Compiling Comittee)*. Esse é formado por agentes do mercado de navegação que semanalmente enviam informações sobre volume embarcado, preço dos fretes e cotações de mercado das cargas da amostra nas linhas selecionadas.

Para o cálculo do *CCBFI* adotou-se também a fórmula de Laspeyers, tendo o mês janeiro de 2000 como base equivalente a 1.000. A publicação do índice ocorre todas as quintas-feiras, pela *Shanghai Shipping Exchange*.

4.3 Índices de transporte da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

4.3.1 Índice Nacional de Variação de Custos do Transporte Rodoviário de Carga ($INCT_A$)

No âmbito brasileiro, a Associação Nacional do Transporte Rodoviário de Carga (NTC), no final dos anos 70, iniciou estudos para a construção de um índice que considerava os custos envolvidos no transporte rodoviário de cargas no País. Em 1979 surgiu o Índice Nacional de Variação de Custos do Transporte Rodoviário de Carga (INCT). A metodologia, a pesquisa de campo e a elaboração do índice ficavam a cargo do Departamento Técnico da NTC.

De acordo com Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe, 2001), no ano de 1993, tal Fundação foi contratada pela NTC para assumir a elaboração do índice e, posteriormente, para revisar amplamente sua metodologia[42]. Em 1999, em vista das

[42] Segundo a FGV (1984), a revista Conjuntura Econômica passou a publicar, em 1984, o índice chamado na ocasião de "Índice Nacional de Preços de Transporte (INPT)", apurado pela Associação Nacional das Empresas de Transporte Rodoviário de Cargas (NTC). O objetivo era acompanhar as defasagens entre as tarifas controladas pelo Governo e o preço de um "tarifa técnica ideal", representada pelo INPT. O índice era calculado para cinco diferentes distâncias, para o transporte rodoviário de carga comum fracionada. Importante ressaltar que o INPT era formado pela relação entre o frete técnico calculado (custo + lucro) da carga e a tarifa estipulada pelo Governo em um determinado mês.

sensíveis mudanças verificadas na economia brasileira a partir de meados daquela década, foi necessária outra revisão metodológica, que resultou no desmembramento do antigo INTC e na criação de três índices, sendo um deles (o $INCT_A$) composto pelos outros dois (o $INCT_R$ e o $INCT_{CE}$).

O Índice Nacional de Variação de Custos do Transporte Rodoviário de Carga Ampliado ($INCT_A$) é um índice mensal que apura, em âmbito nacional, a variação dos custos - fixos, variáveis e despesas indiretas - do transporte rodoviário de carga para várias classes de distância. Publicado desde abril de 2000, representa a continuação do INCT e é formado pelo $INCT_R$, que trata da variação dos custos do percurso rodoviário, e também pelo $INCT_{CE}$, que representa a variação dos custos de coleta ou entrega.

Matematicamente:

$$INTC_A = INCT_R + INCT_{CE} \tag{40}$$

Uma observação que se faz necessária é que a classe de distância média considerada para o cálculo do índice ampliado é de 750 a 800 km para o $INCT_R$ e de 31 a 40 km para o $INCT_{CE.}$

A ponderação do índice, segundo a Fipe (2001), foi baseada em um questionário aplicado a 32 empresas (pequenas, médias e grandes) de transporte rodoviário de cargas do país. Por meio das informações obtidas e apoiando-se em métodos estatísticos, calculou-se a estrutura média de custos das empresas do setor.

Assim, definiram-se quais seriam os parâmetros usados para calcular o $INCT_R$ e o $INCT_{CE}$. Esses parâmetros são: horas trabalhadas; capacidade efetiva média do veículo rodoviário e do veículo de coleta ou carga; tempo de carga/descarga; velocidade média; tonelagem expedida; vida útil do veículo representativo; vida útil da carroçaria; vida útil do pneu; quilometragem média mensal percorrida; rendimento do combustível; quilometragem de troca de óleo do cárter; quilometragem de troca de óleo do câmbio diferencial; despesas administrativas e de terminais (DAT); e gerenciamento de riscos (GRIS).

O levantamento dos preços dos insumos (pesquisas de campo) é realizado na terceira semana de cada mês (durante cinco dias úteis). Sempre que possível, simula-se a compra do produto para tentar obter o valor mais condizente com o mercado em vigor.

Os locais de coleta de preço não são fixos (técnica de rotação de amostras), sendo que o tamanho da amostra e sua composição variam mensalmente[43]. A seleção dos locais é aleatória, enquanto a definição do tamanho da amostra baseia-se na análise do desvio-padrão e do coeficiente de variação do preço de cada item (a partir da pesquisa anterior ou de um monitoramento feito por telefone). Os dados obtidos passam por testes de consistência e as informações discrepantes são desconsideradas, para evitar o viés das estimativas.

Quanto à metodologia, as fórmulas dos dois índices que compõem o $INCT_A$ são do tipo "Laspeyres Modificado", com pesos variáveis e quantidades fixas. A obtenção dos índices se dá pela comparação do valor do frete-peso rodoviário por tonelada em determinado percurso em um mês frente ao anterior.

Na Figura 8 apresenta-se a evolução do INCTa mensal para o período de janeiro de 2000 a junho de 2002, para três faixas de distância selecionadas.

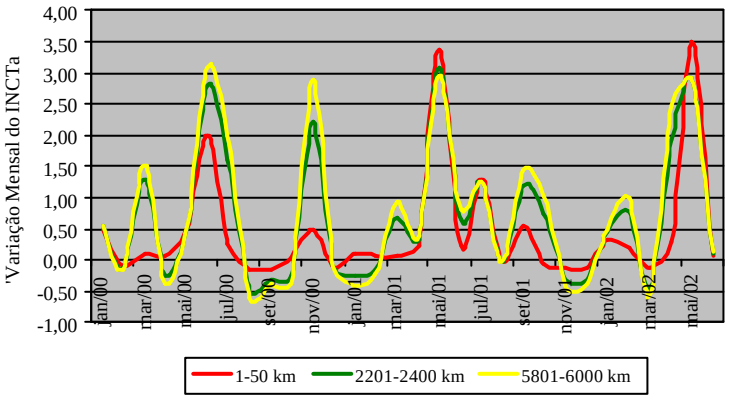


Figura 8 – Evolução do $INCT_A$ mensal entre janeiro de 2000 e junho de 2002.

Fonte: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – Fipe (2002)

[43] Para a Fipe (2001), isso reduz a probabilidade dos informantes se recusarem a fornecer os dados, já que o intervalo entre as solicitações de preços é maior do que na pesquisa contínua/regular. Além disso, muitos mercados de insumos são oligopolistas, ou os estabelecimentos são pequenos e os informantes, os próprios donos. A rotação de amostras também facilita a técnica de simulação de compra.

Observa-se que há significativas variações em determinados meses. Além disso, de um modo geral, tem-se que os impactos são maiores (tanto nos picos quanto nos vales) para as rotas de maiores distâncias.

4.3.1.1 $INCT_R$

Segundo a Fipe (2002), o frete-peso é definido para um veículo padrão representativo da frota da maioria das transportadoras que compuseram a amostra, em 1999. É calculado para 50 classes de percurso, sendo a menor de 1 a 50 km, a média, de 751 a 800 km e a maior, de 5801 a 6000 km.

A fórmula geral do $INCT_R$ (dado em R$/t) é:

$$F_R = [A + (BX) + DI]\left[1 + \frac{L}{100}\right] \tag{41}$$

onde, F_R é o "frete-peso" rodoviário (R$/t); A é o custo de espera durante a carga e descarga (R$/t); B é o custo de transferência (R$/t.km); X é a distância da viagem (km); DI são as despesas indiretas (R$/t); e L é o lucro operacional (%).

Por sua vez, para o cálculo do custo de espera durante a carga e descarga (A), são utilizadas variáveis como o custo fixo (CF, dado em R$/mês), o número de horas trabalhadas por mês (H, dado em horas), o tempo de carga e descarga (T, também em horas) e a capacidade efetiva média do veículo (CAP, em toneladas). O custo de transferência (B) envolve CF, CAP, H, além da velocidade média do veículo (V, dada em km/h) e do custo variável (CV, dado em R$/km).

Já as despesas indiretas (DI) correspondem aos gastos com despesas administrativas e de terminais (DAT, em R$/mês), com gerenciamento de riscos (GRIS, em R$/mês), além da tonelagem expedida por mês (TEXP, em t/mês) e do coeficiente de uso dos terminais (C). As fórmulas dessas passagens não são de relevância para este trabalho e por isso apenas seus componentes foram citados.

Para completar, ressalta-se que o custo fixo (CF) equivale à soma de itens como remuneração de capital, salário do motorista e do pessoal de oficina, reposição do veículo e do equipamento, licenciamento, seguro de responsabilidade civil facultativa e seguro do veículo e do equipamento. Os custos variáveis são a soma dos gastos com peças, acessórios e material de manutenção, combustível, lubrificantes, lavagens, graxas, pneus e recauchutagens.

4.3.1.2 $INCT_{CE}$

Para o $INCT_{CE}$ também se considera um veículo representativo da frota amostrada. Na fórmula desse índice, contudo, não são incluídas as despesas com DAT, já computadas no $INCT_R$. Os fretes-peso são calculados para 12 classes de percurso de coleta ou entrega, sendo a menor classe de 1 a 10 km, a média, de 31 a 40 km e a maior, de 101 a 120 km.

A fórmula geral do $INCT_{CE}$ (dado em R$/t) é:

$$F_{CE} = \left[A + BX + \frac{GRIS}{TEXP_{CE}} \right] \left(1 + \frac{L}{100} \right) \tag{42}$$

onde F_{CE} é o "frete-peso" de coleta ou entrega (R$/t); A é o custo de espera durante a carga e descarga no cliente (R$/t); B é custo de transferência no percurso de coleta ou entrega (R$/TKM); X é a distância da viagem (km); GRIS são as despesas com gerenciamento de riscos (R$/mês); $TEXP_{CE}$ equivale à tonelagem expedida de coleta da tonelagem de lotação (t); e L é o lucro operacional (%). As fórmulas para o cálculo de A, B, custos fixos e variáveis, no $INCT_{CE}$, são as mesmas do $INCT_R$.

4.3.2 Índice de Custos do Transporte Coletivo Urbano Sobre Rodas (ICTU-Fipe/SPTrans)

O Índice de Custos do Transporte Coletivo Urbano Sobre Rodas (ICTU-Fipe/SPTrans) objetiva refletir as variações de custo do transporte coletivo urbano sobre rodas na cidade de São Paulo.

Os elementos que comporiam esse custo, segundo Filardo et al. (2003), foram obtidos da "Planilha de Custos do Sistema de Transporte Coletivo Urbano Sobre Rodas da Cidade de São Paulo'[44], também utilizada para ponderar os itens que formam o índice.

O ICTU possui três níveis de agregação. O mais geral mostra as variações de custos do sistema de transporte coletivo sobre rodas em São Paulo como um todo. Já os índices do segundo e terceiro nível refletem apenas as variações de preço dos insumos em cada segmento de mercado. Assim, o segundo nível engloba os insumos agrupados por classes (Índice do Veículo, de Rodagem, de Energia e de Lubrificantes) e o terceiro, os insumos pesquisados em campo.

A fórmula escolhida para calcular o ICTU (primeiro nível de agregação) foi a de Paasche (fórmula 14, exposta no capítulo anterior). Esta permite refletir de forma imediata a dinâmica do sistema de transporte de São Paulo, marcado por freqüentes inovações tecnológicas, que causam flutuações significativas nos pesos. De acordo com Filardo et al. (2003), os números-índice do tipo Paasche reduzem as distorções ao possibilitar que os insumos que perderam a sua importância relativa (por exemplo, ônibus monobloco) sejam substituídos por novos insumos (como catracas eletrônicas e ônibus biarticulados).

A SPTrans mensalmente fornece os dados técnicos do sistema de transporte paulistano para a FIPE, que os utiliza para atualizar a base de ponderação do índice, conforme requer a fórmula de Paasche – constituída numa média harmônica dos preços

[44] Tal planilha, mensalmente elaborada pela SPTrans, segue os parâmetros "Sistemática de Custeio e Remuneração dos Serviços de Transporte Coletivo, por Ônibus, no Município de São Paulo". Esses documentos são de uso interno da SPTrans e são excepcionalmente disponibilizados à Fipe para a elaboração do índice.

ou, ponderada pela participação do valor de cada insumo que compõe a planilha no custo total do período atual (no caso específico, o mês corrente).

A base de comparação do ICTU é o mês de maio de 1998. Os dados que integram o índice são obtidos a partir da coleta mensal (em campo) dos preços dos insumos, separados por tipo de produto e marca. Tais preços passam por uma análise estatística e aqueles que ficarem acima ou abaixo dos valores máximos e mínimos (dados por 2 desvios-padrão somados e subtraídos da média) são eliminados. Em seguida, recalcula-se novamente a média para cada item (por marca) e desses valores médios individuais obtém-se a média geral para o insumo (por tipo de produto).

O ICTU é a comparação do custo total do sistema de transporte coletivo urbano paulista no período atual com o custo total do sistema no período anterior. Na Figura 9 ilustra-se a evolução do ICTU.

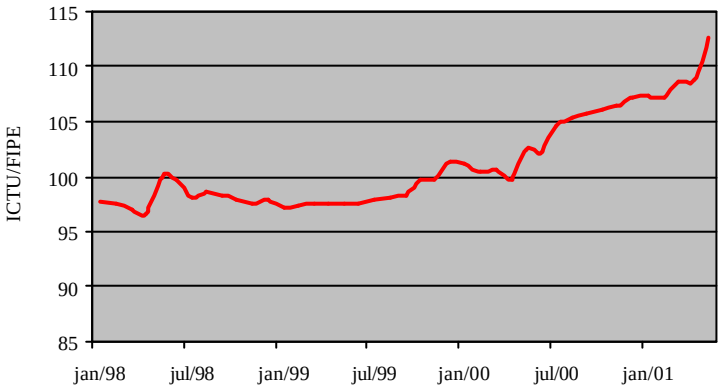


Figura 9 – Evolução do Índice de Custos do Transporte Coletivo Urbano Sobre Rodas (ICTU-Fipe/SPTrans).

Fonte: Fipe (2003)

4.4 Sistema de Informações de Fretes (Sifreca)

O Sistema de Informações de Fretes para Cargas Agrícolas (Sifreca) é um projeto desenvolvido pelo Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP).

Segundo Caixeta-Filho (1998), o trabalho é realizado por professores, pesquisadores e um grupo de alunos da Esalq/USP, que semanalmente levantam junto a empresas do ramo de transporte, processamento e *trading* os valores do frete-empresa, separados por rota e por carga. Atualmente, os modais considerados são: rodoviário, ferroviário, hidroviário e aeroviário.

Cerca de 50 produtos são abordados pela pesquisa, tais quais açúcar, adubos e fertilizantes, algodão, arroz, aveia, boi gordo, carne bovina, café, calcário, carvão vegetal, legumes e frutas, feijão, soja (em grão, farelo e óleo), laranja, suco de laranja, trigo, leite, milho, madeira, sal mineral, flores, dentre outros.

Segundo o Informe Sifreca (2003), as distâncias tomadas como referência para o acompanhamento das rotas foram obtidas através dos informantes do Sifreca e de *software* especializados como o Infoguia (GFMI/Publifolha), a *Energy Roadshow (Descartes/Routing Systems)* e o Guia 4 Rodas. Na atualidade, a amostra conta com um total aproximado de cinco mil rotas diferentes (incluindo todos os modais), sendo que o número de rotas varia ao longo do ano, de acordo com critérios sazonais.

Os preços cotados são estatisticamente analisados segundo procedimentos cientificamente aceitos e com a necessária isenção, de forma que eventuais vieses possam ser detectados e eliminados. Como resultado, obtém-se o valor médio do frete de determinado produto agrícola, sem impostos nem seguros, praticado num período de quatro semanas, na rota em questão.

Os dados obtidos são disponibilizados mensalmente ao público via internet[45] e na forma impressa, através do "Informe Sifreca". O conteúdo do "Informe Sifreca" basicamente diz respeito a tabelas de fretes separadas por produto, nas quais constam dados referentes a origem, destino, quilometragem, valores dos fretes (em R$/t e R$/t.km) e variação desses valores frente ao período anterior. Além disso, a publicação traz uma análise sobre o comportamento dos preços dos fretes para os principais produtos cotados, considerando os fatores determinantes de seus movimentos - por

[45] O *website* do Sifreca é http://sifreca.esalq.usp.br.

exemplo, preços dos combustíveis, entrada ou término de safras, condições climáticas, entre outros.

Destaca-se, no projeto, o cálculo dos "Momentos de Transporte", que dizem respeito aos valores dos fretes dos principais produtos agropecuários, sem distinção de rota: considera-se apenas o valor mínimo, o máximo e o médio calculado. A Tabela 15 traz alguns exemplos dessas informações.

Tabela 15. Preços médios dos fretes rodoviários (R$/t.km) levantados pelo Sifreca no período de 21/12/2002 a 24/01/03 ("Momentos de Transporte").

Produto	Momentos de Transporte (R$/t.km)		
	Mínimo	Médio	Máximo
Açúcar (sacas de 50 kg)	0,0426	0,1506	0,5787
Açúcar (granel)	0,0250	0,1077	0,7407
Adubos e fertilizantes (granel)	0,0246	0,0583	0,1425
Algodão (fardos de 220 kg)	0,0391	0,0895	0,2478
Arroz (fardos de 30 kg)	0,0313	0,0538	0,0687
Café (sacas de 60 kg)	0,0666	0,1758	0,5991
Calcário (granel)	0,0479	0,0848	0,1515
Carne (caminhão)	0,0818	0,1237	0,8976
Carvão vegetal (granel)	0,0863	0,2175	0,7513
Farelo de polpa cítrica (granel)	0,0676	0,1026	0,1227
Farelo de soja (granel)	0,0469	0,0693	0,1322
Feijão (sacas de 60 kg)	0,0745	0,0745	0,0745
Fubá de milho (contêiners, com capacidade para 24 sacas de 50 kg)	0,0672	0,0717	0,0794
Madeiras (toretes)	0,0490	0,0902	0,2368
Milho (granel)	0,0298	0,0719	0,1812
Óleo de soja (em latas/tambores de 900 ml, 9 litros ou 18 litros)	0,0367	0,0782	1,0630
Sal mineral (ensacado)	0,0704	0,0796	0,0942
Soja (granel)	0,0298	0,0674	0,1667
Suco de laranja (granel)	0,1088	0,1165	0,1283
Suco de laranja (tambores de 200 litros, 270 kg/tambor)	0,1041	0,1116	0,1161
Trigo	0,0400	0,0741	0,1741

Fonte: Informe Sifreca (2003)

O Sifreca se insere num contexto de reconhecida escassez de informações relativas à logística agroindustrial, as quais são importantes para a eficiência da distribuição de insumos e produtos *in natura* e processados de origem agropecuária. Para Caixeta-Filho (1998):

> *"O mercado de frete rodoviário no Brasil, e em particular o de cargas agrícolas, não sofre nenhum tipo de controle pelo governo, significando que os preços são formados com base na livre negociação entre a oferta e a procura pelo serviço de transporte. Os transportadores têm que estar atualizados sobre todas as variáveis incorporadas em seu custo para estarem aptos à negociação com os demandantes"(p.17).*

Em termos acadêmicos, o Sifreca tem sido fonte frequente para pesquisas que envolvem a problemática do transporte – sobretudo exercícios de modelagem matemática – e que requerem séries históricas de preços de fretes.

4.5 Índices do Báltico[46]

A origem da *The Baltic Exchange* (a "Bolsa do Báltico") está na *Virginia and Baltick Coffee House*, de 1744, já utilizada por mercadores que navegavam pela costa báltica.

Atualmente, seus membros incluem corretores de navios e fretes (80%) e donos de navios e de cargas (*market members*). Também fazem parte os advogados de navegação, seguradoras, registradores de navios, financiadoras e sociedades classificadoras de navios, entre outras profissões ligadas ao transporte marítimo.

A *Baltic Exchange (BE)*, desde 1900, é uma empresa privada com ações que pertencem aos seus membros. O pregão (*trading floor*) da *BE* funciona às segundas-feiras, ao meio dia. É utilizado, principalmente, para a troca de informações.

[46] Este item está baseado no *The Baltic Code 2002* ("Código do Báltico") e no *Manual of Panellists* ("Manual dos Informantes").

Pouquíssimos negócios são fechados nesse ambiente, dado que a maioria ocorre nos escritórios de corretagem. Uma das principais atividades da BE é a elaboração de índices de frete marítimo, os chamados "índices do Báltico".

A escolha dos informantes (*panellists*), a determinação da composição dos índices e das rotas, e a realização do controle de qualidade das informações é função do *Freight Indices and Futures Committee* (*FIFC*). A maior parte dos informantes[47] é formada por corretores (*shipbrokers*), uma vez que proprietários de mercadorias e de navios (embarcadores e transportadores, respectivamente) não são considerados informantes apropriados, pois possuem interesses particulares nos negócios.

As informações para a elaboração dos índices são transmitidas por meio de relatórios à BE e não devem ser disponibilizadas a outras fontes (nem mesmo a outros departamentos dentro da empresa que não o responsável pelo processo).

Quatro índices diários de cargas sólidas são elaborados: o *Baltic Panamax Index (BPI)*, composto por 8 rotas e 13 informantes; o *Baltic Capesize Index (BCI)*, composto por 11 rotas e 12 informantes; e o *Baltic HandymaxIndex (BHMI)*, formado por 6 rotas e 10 informantes. O quarto índice – o *Baltic Dry Index (BDI)* - é composto pelos três primeiros. Há, ainda, dois índices de cargas líquidas, formado por 14 rotas internacionais de petróleo e 11 informantes: o *Baltic Dirty Tanker Index (BDTI)* e o *Baltic Clean Tanker Index (BCTI)*. Os índices são detalhados a seguir.

O *Baltic Freight Index (BFI)* foi criado em 1985, sendo constituído por rotas tipo *voyage*[48] que incluíam o transporte de 14 mil toneladas métricas de fertilizantes a 120 mil toneladas de carvão mineral (cargas sólidas a granel). Não considerava as rotas de *timecharter*. Foi desenvolvido para o fechamento dos contratos futuros da *BIFFEX*

---

[47] Os informantes são solicitados a auxiliar a *BE* durante o período de um ano, que pode ser renovado. A Bolsa também pode dispensar um informante caso esse aja em desacordo com asnormas da instituição.

[48] Para o entendimento do mercado de frete marítimo de granéis é importante que se conheça as duas formas básicas de afretamento de navios. A primeira delas, denominada "voyage", é aquela em que um navio é contratado para a realização de uma viagem específica, bem definida. Seu preço é dado em dólares por unidade de peso ou volume (US$/t). A segunda forma é a "timecharter", na qual o afretamento dos navios é pago por período de prestação do serviço de transporte e não para uma viagem especificamente. Seu preço é estipulado em dólares por período de tempo (US$/dia).

(*Baltic International Freight Futures Exchange*), na *LIFFE* (*London International Financial Futures and Options Exchange*).

Mas o *BFI* falhou na tentativa de refletir fielmente os movimentos do mercado, sobretudo porque englobava vários tamanhos de navios e cargas. Com isso, o mercado futuro mostrava-se cada vez menos eficiente[49]. Várias alterações foram feitas no *BFI* com o intuito de recuperar sua credibilidade. O índice, que começou em 1985, formado por 14 rotas, teve em maio de 1997 as três rotas de embarcações *Handysize*[50] retiradas, posto que causavam distorções ao *BFI*. Depois, em novembro de 1998, foi a vez das quatro rotas de *Capesize*[51] caírem, restando à *BE* criar um novo índice com as sete rotas de *Panamax*[52] remanescentes. Assim, em novembro de 1999, o *BFI* parou de ser publicado e foi substituído pelo *Baltic Panamax Index (BPI)* para fechamento dos contratos da *BIFFEX*. O *BPI* é uma média ponderada das principais rotas, tanto de *timecharter* quanto de *voyage*, para navios tipo *Panamax*.

Para compensar a retirada das rotas de *Capesize* do antigo *BFI*, a *BE* criou o *Baltic Capesize Index (BCI)*, também composto por média ponderada das principais rotas de *timecharter* e de *voyage*, só que para navio maior. Com o mesmo propósito (suprir a remoção de rotas), criou-se o *Baltic Handy Index (BHI)*, que contemplava rotas de *timecharter* para navios *Handysize* e era publicado apenas duas vezes por semana, em contraposição a outros que eram diários. O *BHI* não foi bem aceito pelo mercado, dando espaço para a elaboração de um novo índice, o *Baltic Handymax Index (BHMI)*. Esse é calculado pela média ponderada das seis principais rotas de *timecharter* para esse tipo de embarcação[53]. Durante três meses, tanto o *BHI* quanto o *BHMI* foram publicados, mas em janeiro de 2001 o *BHMI* substituiu o *BHI*, inclusive no cálculo do *BDI*.

---

[49] A *Liffe* cessou a negociação dos contratos futuros de frete (*Biffex*) em abril de 2002, devido à baixa liquidez do mercado, decorrente da aparente falta de atratividade enquanto instrumento de *hedging*.

[50] Navios do tipo *Handysize* têm capacidade em torno de 30.000 dwt e transportam granéis agrícolas e alguns minerais leves como bauxita, alumínio e fertilizantes.

[51] *Capesize* são embarcações de grande porte, com capacidade para 120.000 dwt, que transportam diversos tipos de granéis sólidos. Devido à sua grande dimensão, o número de rotas (portos) é mais restrito.

[52] Os navios *Panamax* apresentam capacidade em torno de 65.000 dwt e são utilizados para transporte de granéis agrícolas, minério de ferro e carvão.

[53] A capacidade dos *Handymax* é superior à dos *Handysize* e inferior à dos *Panamax*, sendo utilizada para o transporte dos mesmos produtos deste último, além de madeiras.

O *Baltic Dry Index (BDI)* é a média do *Baltic Handymax Index (BHMI)*, do *Baltic Panamax Index (BPI)* e do *Baltic Capesize Index (BCI)* – todos contribuindo igualmente. É um indicador geral do mercado de cargas sólidas a granel e dá continuação à série do *Baltic Freight Index (BFI)*. Foi lançado em novembro de 1999.

Finalmente, têm-se os índices de granéis líquidos. Iniciou-se com o *Baltic International Tanker Routes (BITR)*, elaborado pelos preços médios das principais rotas de movimentação do petróleo, tanto refinado quanto bruto. Em novembro de 2001, o *BITR* foi dividido no *BDTI* e no *BCTI*, mas continuou existindo como *BITR*. O *Baltic Dirty Tanker Index (BDTI)* constitui-se de uma média dos preços nas rotas de óleo bruto, enquanto o *Baltic Clean Tanker Index (BCTI)* é uma média dos preços nas rotas de óleo refinado.

Os índices para granéis sólidos são divulgados todos os dias úteis às 13h e os líquidos, às 16h (horário de Londres). Além desses, a bolsa publica diariamente, também às 13h, uma lista (*The Baltic Exchange Daily Fixture List*) dos principais negócios fechados nas últimas 24h e que envolvem cargas sólidas, caracterizando a origem, o destino, o valor, data de saída e chegada, navio, tipo de carga, entre outros detalhes. Todas essas informações são divulgadas pela própria *BE* e por agências internacionais de notícias, como a *Bloomberg*, a *Bridge News* e a *Reuters*.

Também são disponibilizados os valores de cada rota individual *(Route Assessments)*, utilizados para, dentre outras coisas, a liquidação dos chamados *Forward Freight Agreements (FFAs)*[54], bem como de outros instrumentos de gerência de risco de preço no mercado de afretamento de transporte marítimo.

---

[54] O *FFA* é um instrumento de gerência de risco para proteção contra a volatilidade nos preços do frete. Na prática, comprador (normalmente um *charterer*, contratante do frete) e vendedor (*shipowner*, ofertante do frete) acertam preço e data para um negócio futuro, cujas características baseiam-se nas rotas individuais dos índices da *BE*. No dia do vencimento, comparam o valor acertado com o valor de encerramento do contrato, dado por uma média dos últimos índices publicados pela *BE* para aquela rota. Se o preço de fechamento for mais baixo que o fixado pelas partes, o comprador paga a diferença ao vendedor, e vice-versa. A liquidação dos *FFAs* é apenas financeira, não havendo transação física. O negócio, na maioria das vezes, é intermediado por um corretor, que recebe 0,5% de comissão de cada uma das partes. A *Forward Freight Agreement Brokers Association (FFABA)*, formada em 1997 pelos membros da *BE*, estabelece termos e condições de contratos que devem ser seguidos pelos membros da *BE* neste tipo de negociação.

Há alguns princípios que norteiam a seleção das rotas para a elaboração dos índices do Báltico. Elas devem representar os principais negócios de carga a granel do mundo. Deve haver um equilíbrio geográfico entre o volume de rotas do Pacífico e do Atlântico, e também entre os demais oceanos. São preferidas as rotas que apresentam maior liquidez, com movimentação constante e significativa. Aquelas rotas sujeitas à sazonalidade são evitadas. Procura-se transparência na obtenção das informações, de modo que as rotas dominadas por um ou poucos operadores marítimos são igualmente evitadas. As rotas operadas por serviços de fácil padronização são priorizadas.

As descrições das rotas se tornaram mais detalhadas e minuciosas à medida que o conhecimento do comportamento das rotas individuais foi se tornando mais importante. Isso ocorreu, em grande parte, como exigência para o adequado funcionamento dos *FFAs*. Inicialmente, só se dispunha do *BFI* (bastante genérico) para possível utilização na *BIFFEX*.

O mercado de fretes está em constante mudança (novos navios, diferentes negócios etc.) e, conseqüentemente, a composição das rotas e índices tem que acompanhar essas alterações para refletir as novas realidades. Contudo, contratos de derivativos abertos e baseados em rotas já existentes limitam a velocidade com que os índices são ajustados. A efetiva necessidade de revisão depende também do grau da alteração: mudanças pequenas podem ser realizadas com relativa facilidade, desde que aceitas pelos membros da *BE* e da *FFABA*, dentre outras comissões. A exclusão ou substituição de rota já é bem mais cautelosa. O mesmo ocorre para alterações do peso para ponderação na composição do índice. Ambas precisam igualmente da avaliação de representantes dos diversos segmentos do mercado de fretes.

Para a elaboração dos índices, especificamente, os informantes devem levar em conta os negócios recentemente fechados, procedendo com seu próprio julgamento sobre a relevância de negócios realizados fora dos padrões estabelecidos pela *BE*. Devem ter em mente que o que importa é um reflexo mais imediato do mercado, dispensando portanto os negócios concluídos em períodos anteriores. Devem também considerar as informações qualitativas de oferta de navios e a demanda por cargas.

Cada informante dispõe de uma lista sobre como prosseguir quando algumas características de um negócio forem diferentes das estabelecidas para os índices. São orientações para o ajuste das informações às situações contempladas na metodologia. Em síntese, a sugestão é para que o bom senso e o conhecimento que tem do mercado sejam norteadores do processo de inclusão ou exclusão de negócios nos relatórios de pesquisa. Os informantes devem estar atentos a possíveis tentativas de manipulação por parte de embarcadores e transportadores, especialmente no final de cada mês, dado que normalmente as posições no mercado de derivativos são fechadas segundo a média dos índices dos últimos dias do mês. Rotas particulares ou negócios muito específicos não devem ser reportados.

A *BE* acompanha o trabalho das corretoras, estabelecendo códigos de conduta, analisando os relatórios e as informações passadas, nomeando auditores para fazer visitas anuais e avaliações dos procedimentos, e verificando a atualização dos bancos de dados. Os relatórios diários dos informantes, assim como as avaliações anuais das corretoras pelos auditores, são confidenciais.

Os relatórios devem ser enviados diariamente até às 12h para o *BPI*, *BCI* e *BHMI*, e até às 15h para o *BDTI* e *BCTI*. Enfim, a Bolsa dispõe de regras que norteiam a construção e publicação dos índices[55].

---

[55] As regras são: Regra 1: Há horários definidos para a divulgação dos indicadores calculados. Os índices devem ser publicados em todos os dias úteis, mas a *BE* pode atrasar ou cancelar a divulgação se achar conveniente. Regra 2: A *BE* escolhe o grupo de informantes (*panell*), que deve ser composto por membros da bolsa. A *BE* pode alterar o número de informantes ou a composição do grupo quando achar conveniente. Regra 3: índices e rotas são baseados nos relatórios dos informantes. A *BE* decide quais rotas serão incluídas e quais alterações na composição dos índices são necessárias, de tempo em tempo. Regra 4: a partir de setembro de 2002 todos os dados passam a serem incluídos nos cálculos dos índices sólidos. Até então, os valores mais altos e mais baixos eram automaticamente excluídos dos cálculos. Regra 5: A *BE* decide periodicamente qual peso cada rota tem na composição do índice. Regra 6: O peso de uma rota não deveria exceder 20%. Todavia, as rotas 2 e 3 do *BHMI* equivalem a 25%, o que se constitui em exceções. Regra 7: O número de informantes é decidido pela *BE*, que estipulou que, atualmente, o mínimo é de 7 informantes por índice. Regra 8: O preço médio de cada rota é multiplicado pelo fator de ponderação de cada rota. Tal fator é calculado pela *BE* e será ajustado quando os pesos das rotas forem alterados. Regra 9: Apenas uma rota pode ser removida de um índice de cada vez. Se isso ocorrer, uma ou mais rotas novas podem substituí-la. Regra 10: O peso de uma rota existente não pode ser alterado em mais de 25% do seu peso atual, ou 2,5% do índice na data da mudança. Regra 11: Nenhuma alteração pode resultar em um ajuste de mais de 5% na composição regional ou de *commodity* do índice. Regra 12: Quando uma alteração é realizada, os fatores de ponderação da rota serão revisados de modo que o novo índice mantenha o mesmo nível (taxa média) do antigo na data de alteração.

A construção matemática dos índices observa a seguinte metodologia: considerando que o primeiro índice (a base) deve ser igual a 1.000, e que a rota *i*, por exemplo, teria peso (w_i^b) equivalente a 20%, constata-se que a contribuição da rota *i* ao índice é de w_i^b = 200 (1000 x 0,20 = 200). Dividindo-se essa contribuição pelo preço médio (p_i^b) da rota *i* no dia da base, tem-se o fator de ponderação (w_i^b / p_i^b). Assim procedeu-se para todas as rotas, calculando qual seria esse fator. Para o cálculo dos índices subseqüentes, a participação de cada rota é fixa.

Para se obter o índice diário multiplica-se o preço médio no período referencial (p_i^t) da cada rota pelo fator de ponderação (w_i^b / p_i^b), chegando à contribuição de cada rota ao índice. A soma de todos essas contribuições resulta no valor do índice.

Algebricamente, tem-se

$$I^t_{Baltico} = \sum_{i=1}^{N} \left(\frac{w_i^b}{p_i^b} \right) p_i^t = \sum_{i=1}^{N} w_i^b \left(\frac{p_i^t}{p_i^b} \right) \tag{43}$$

onde w_i^b é a participação (peso) da rota *i* na formação do índice da base, sendo uma porcentagem fixa, p_i^b é o preço da rota *i* no período base (que também é fixo), e p_i^t é o preço da rota no período referencial. Trata-se, portanto, de um índice de Laspeyres, conforme apresentado na expressão (12).

Caso haja a necessidade de alteração de uma rota no índice, há um procedimento que deve ser seguido. A principal preocupação é que o valor de um (novo) índice - composto por uma rota a menos ou pelo mesmo número de rotas, mas tendo havido a substituição de uma por outra inédita – seja igual ao seu valor com todas as rotas anteriormente incluídas.

Desse modo, a exclusão de determinada rota deve ser seguida de um reajuste das ponderações das demais de modo que o valor do índice continue exatamente o mesmo.

Supõe-se que se deseja excluir a rota *j* e agregar seu peso à rota *k*. Elimina-se a rota *j*, que apresenta um determinado w_j^b e w_j^b / p_j^b. Para equilibrar o índice reajustando

a rota k, que apresenta w_k^b e w_k^b / p_k^b, deve-se adicionar o w_j da rota j ao w_k da rota k. Portanto, o novo w_k da rota k passa a ser igual a $w_k' = w_k + w_j$. Necessita-se, então, calcular o novo fator de ponderação w'_k / p_k da rota k para manter o índice igual ao original $I = I'$ sem alterar as demais rotas.

No caso de substituição de rotas, o procedimento é discutido a seguir.

Supõe-se que a *BE* queira substituir uma rota antiga (por exemplo, l) por uma nova (que será a m). A contribuição na formação do índice terá que ser a mesma da rota l e da m, no caso, ($w_l^b / p_l^b = w_m^b / p_m^b$). Assim, é necessário que se calcule o fator de ponderação (w_m^b) da nova rota m. Esse fator para m resultará da divisão do w_l^b / p_l^b pelo p_m da rota .

Esses são os principais meios de se alterar as bases de cálculo dos índices.

Finalmente apresenta-se, a título de ilustração, a Tabela 16, com a formação dos índices *BFI* e *BPI*. Observa-se que as rotas e os navios são bem definidos, com ponderações fixas.

Tabela 16. Definição das rotas que constituem o antigo *Baltic Freight Index (BFI)* e o atual *Blatic Panamax Index (BPI).*

Rota	Tamanho do navio (dwt)	Carga	Especificação da rota	Peso no *BFI* e *BPI* (a partir 01/11/99) (%)			
				23/09/92 a 02/11/93	03/11/93 a 05/05/98	06/05/98 a 29/10/99	01/11/99 em diante
1	55.000	Grãos	Golfo dos EUA para ARA [a]	10	10	10	10
1[A]	70.000	Grãos, minérios ou carvão	Circuito trans-atlântico T/C[b] (duração entre 45 e 60 dias)	10	10	10	20
2	54.000	Grãos, soja e sorgo	Golfo dos EUA para Sul do Japão	10	10	10	12,5
2[A]	70.000	Grãos, minérios ou carvão	Skaw Passero[c] para Taiwan-Japão T/C (50-60 dias)	10	10	10	12,5
3	54.000	Grãos, soja e sorgo	Costa nort e-americana do Pacífico para Sul do Japão	7,5	10	10	10

Tabela 16. Definição das rotas que constituem o antigo *Baltic Freight Index (BFI)* e o atual *Blatic Panamax Index (BPI).*

Rota	Tamanho do navio (dwt)	Carga	Especificação da rota	Peso no *BFI* e *BPI* (a partir 01/11/99) (%)			
3[A]	70.000	Grãos, minérios ou carvão	Circuito trans-atlântico T/C (duração entre 35 e 50 dias)	7,5	10	10	20
6	120.000	Carvão	Hampton Roads (EUA) para Sul do Japão	7,5	7,5	-	-
7	110.000	Carvão	Hampton Roads (EUA) para Rotterdam	5	7,5	7,5	-
8	130.000	Carvão	Queensland (Austrália) para Rotterdam	5	7,5	-	-
9	70.000	Grãos, carvão ou coque	Japão-Coréia para Skaw Passero TC (50-60 dias)	5	10	10	15
10	150.000	Minério de ferro	Tubarão (Brasil) para Rotterdam	5	7,5	7,5	-
14	140.000	Minério de ferro	Tubarão para Beilun e Baoshan (China)	-	-	7,5	-
15	140.000	Carvão	Richards Bay (EUA) para Rotterdam	-	-	7,5	-

Fonte: *The Baltic Exchange*, adaptado por Kavussanos e Nomikos (2000a).
Nota: [a] Área dos portos de Amsterdam, Rotterdam e Antuérpia; [b] T/C significa rotas *time-charter*; [c] Skaw Passero é o estreito entre a Dinamarca e a Escandinávia.

4.6 Outros índices de frete

4.6.1 *Volume Index of Freight Expenditures and Shipments (VIFES)*

O *Cass Information Systems* (CIS) é um serviço idealizado pelo *Cass Commercial Bank*, fundado em 1906 em Saint Louis, Missouri, Estados Unidos. Em 1956, o banco inovou com o sistema bancário de pagamento de frete. O serviço iniciou com atuação local e disseminou-se para a abrangência nacional. O *CIS* atua com auditoria e cotações de fretes, pagamentos e fornecimento de informações para seus

clientes. Segundo dados publicados pela *Cass Information Systems* (2002a), o *CIS* trabalha com, aproximadamente, 2.000 clientes na América do Norte.

De acordo com a mesma fonte, devido ao grande volume de fretes envolvidos no *CIS*, estimado em US$ 7 bilhões por ano, foi possível o desenvolvimento de um índice de frete, que passou a ser utilizado como um indicador da atividade de transporte, uma vez que os dados diziam respeito a uma amostra representativa do mercado norte-americano de frete.

O índice é denominado *Volume Index of Freight Expenditures and Shipments - VIFES* (Índice do Volume de Despesas e Embarques de Fretes) e está baseado no volume financeiro e físico dos embarques realizados pelos clientes do *CIS*. O índice é elaborado com informações de 1500 empresas, basicamente localizadas nos EUA, com representantes de diversos setores, com distintos tipos de cargas e rotas.

De acordo com *Cass Information Systems* (2002b) o índice é calculado e divulgado mensalmente, adotando o mês de janeiro de 1990 como mês-base (1,00 ponto ou 100%). A informação mensal é obtida pelas transações comerciais (contratação do frete) realizadas naquele mês e não pelos fretes efetivamente realizados durante esse mês. Portanto caso um frete seja contratado no mês de março e realizado apenas em abril, essa informação irá fazer parte do índice de março. O volume mensal de cada embarcador é comparado ao praticado no mês-base e ajustado para compensar a inclusão e/ou adição de novos negócios. A média das variações de cada cliente compõe, finalmente, o índice.

4.6.2 *International Tanker Freight Index Limited (ITFIL)*

O *International Tanker Freight Index Limited* (Índice Limitado de Frete Internacional de Petroleiros) foi desenvolvido com o propósito de atender a uma demanda de *traders* de petróleo e de outras organizações interessadas na comercialização de contratos futuros. De acordo com a SeaNet (1998), foi idealizado por um grupo de corretores de Londres e Nova Iorque que levantava preços diários de frete.

O índice começou a ser testado em novembro de 1997. Na Tabela 17 constam as rotas envolvidas no cálculo do índice.

Tabela 17. Rotas envolvidas no cálculo do *International Tanker Freight Index Limited.*

Rota	Local de embarque	Local de desembarque	Carga	Volume (t)	Período (dias)
1	Golfo da Arábia	Japão	Óleo cru	250.000	20-30
2	Golfo da Arábia	Golfo dos EUA	Óleo cru	280.000	20-30
3	Golfo da Arábia	Cingapura	Óleo cru	80.000	10-15
4	Oeste da África	Califórnia (EUA)	Óleo cru	130.000	20-30
5	Caribe	Califórnia (EUA)	Óleo cru	50.000	7-10
6	Caribe	Golfo dos EUA	Óleo cru	70.000	7-10

Fonte: SeaNet (1998)

Apesar de intensas buscas na literatura e na imprensa especializada em navegação oceânica, não se encontrou mais informação a respeito deste índice, sendo que, provavelmente, o mesmo deva ter deixado de existir há algum tempo.

4.6.3 *Indian Road Freight Index (IRFI)*

Segundo TCI (2002), o *Indian Road Freight Index – IRFI* (Índice de Frete do Transporte Rodoviário na Índia), foi criado em abril de 1999[56] pela empresa indiana *Transport Corporation of India (TCI)*, uma das maiores do ramo naquele país.

O *IRFI* é composto por médias de fretes rodoviários de cargas das 50 rotas mais importantes da Índia, as quais são responsáveis por, aproximadamente, 80% do transporte rodoviário no país. O índice é ponderado pela densidade de transporte e calculado nos moldes de um índice do mercado de ações.

Juntamente com a divulgação do índice composto, são divulgados os valores dos fretes dessas 50 rotas mais relevantes. Essa divulgação é chamada de *Top 50*. Dentre essas, as mais relevantes são: Delhi/Mumbai, Mumbai/Delhi, Calcutta/Mumbai,

[56] A *TCI* vem elaborando o índice desde abril de 1999, mas começou a divulgá-lo apenas no final de 2001.

Mumbai/Calcutta, Delhi/Bangalore, Bangalore/Delhi, Delhi/Pune, Pune/Delhi e Bangalore/Mumbai e Mumbai/Pune.

A criação do *IRFI* foi motivada pela carência de informações sobre os preços dos fretes nas principais rotas[57]. Estudos sobre estrutura dos preços não vinham sendo realizados e não existiam dados sobre taxas e volume de material transportado através de cada rota. Era, portanto, muito difícil prever taxas de fretes ou tendências da disponibilidade de caminhões num dado período. A falta dessas informações normalmente resultava em grandes flutuações dos valores dos fretes, levando a uma dificuldade na organização do setor.

O mercado atual, dominado geralmente por pequenos operadores regionais, é muito sensível a fatores como preços do petróleo, desembarque de uma carga importante (volumosa) num porto local ou estações de trem.

O *IRFI*, que diariamente é computado por um grupo de especialistas (*expert panel*), está disponível, semanalmente, a assinantes, mediante pagamento de uma taxa anual. O índice não cobre veículos especiais, como *trailers* e navios-tanques e também não inclui veículos comerciais leves. Há, conseqüentemente, uma certa padronização do veículo de transporte.

Os especialistas fazem uma avaliação do frete que seria pago naquele dia, estimando os atuais níveis do mercado para cada rota. Uma vez que os números para todas as rotas são recebidos, excluem-se o mais alto e o mais baixo e obtém-se a média com os valores restantes. Com os números componentes tabulados, os especialistas então ponderam os valores a partir dos volumes transportados e compilam o RFI daquele dia.

[57] Segundo a empresa elaboradora do índice (TCI, 2002), as suas vantagens são as seguintes: trata-se de uma ferramenta que ajuda a analisar o mercado e a projetar uma tendência; o impacto imediato de mudanças sazonais e reguladoras pode ser previsto ao checar as tendências prévias e históricas; as instituições financeiras podem usar o RFI para monitorar o desempenho dos clientes envolvidos na atividade de transporte; e os preços dos fretes das rotas permitem a análise das flutuações do mercado.

4.6.4 Índices de empresas de serviços marítimos

Assim com a *Baltic Exchange*, uma série de empresas de corretagem de navios (*shipbrokers*), especialmente as sediadas em Londres, elaboram e divulgam seus próprios índices de frete.

A empresa *JH Hyde & Co Ltd* dispõe do índice *JE Hyde Shipping Index (JEHSI)*, que passou a ser divulgado em 02 de janeiro de 1996, contemplando 11 rotas; e do *JE Hyde Super Handymax Index (JEHSUP)*, com apenas 4 rotas e elaborado a partir de 02 de janeiro de 2002. Os índices têm periodicidade semanal (JE Hyde, 2003).

A *SSY Consultancy and Research Ltd* calcula dois índices específicos para os oceanos que operam. Há o *Atlantic Capesize Index* e o *Pacific Capesize Index*, ambos com 10 rotas cada, todas com o mesmo peso (10%) nos índices. São divulgados desde 17 de março de 1997, também com periodicidade semanal (SSY, 2003).

Há ainda a norte-americana *Maritime Research Inc.* que elabora o *General Freight Index (GFI)*, de periodicidade semanal. Divulgado desde 04 de janeiro de 1997, o índice mede o movimento dos preços de frete para carga sólida em negócios tipo *voyage*, envolvendo todas as *commodities*, ponderadas por importância conforme determinado por uma pesquisa realizada em 1972 (Maritime Research, 2003).

Todos esses índices são de pesos fixos, portanto, considerados como de Laspeyres.

4.7 Considerações finais

Os principais índices pesquisados são sistematizados na Tabela 18.

Tabela 18. Índices de fretes apresentados.

Índice	Elaboração	Objetivo	Modal	Freqüência (publicação)	Fórmula
CPI	*Bureau of Labor Statistics*	Mensurar o desempenho do serviço de transporte nos EUA	Passageiros urbanos	Mensal	Laspeyres com ponderação fixa
RFI			Ferroviário	Mensal	
CECFI	*Shanghai Shipping Exchange*	Referência para a tomada de decisões comerciais e políticas	Marítimo (containeres)	Semanal	Laspeyres
CCBFI			Marítimo (cabotagem)		
$INCT_A$, $INCT_R$, $INCT_{CE}$	FIPE/NTC	Indicador do custo do transporte rodoviário no Brasil	Rodoviário	Mensal	Laspeyres
ICTU	FIPE/SPTrans	Medir a variação do custo do transporte em São Paulo	Coletivo urbano	Mensal	Paasche
Sifreca	ESALQ/USP	Divulgar preços médios mensais do frete de produtos agrícolas e agroindustriais	Rodoviário, ferroviário, hidroviário (fluvial e cabotagem), marítimo e aeroviário	Mensal	Média aritmética
Índices do Báltico (*BFI, BPI* etc.)	*Baltic Exchange*	Referência de mercado e para balizamento em mercados futuros e derivativos	Marítimo	Diário	Laspeyres
VIFES	*Cass Information Systems*	Medir volume físico e financeiro dos embarques dos clientes do CIS	Todos	Mensal	Não identificada
ITFIL	Não identificada	Atender à demanda de *traders* de petróleo e outros interessados em contratos futuros	Marítimo	Não identificada	Não identificada
IRFI	*Transport Corporation of India*	Suprir falta de informações e reduzir sensibilidade dos preços a flutuações	Rodoviário	Semanal	Média aritmética

Observa-se que o método Laspeyres é amplamente o mais utilizado, assim como a maior parte é formada de índices cujas rotas são, além de pouco numerosas, bem definidas, o que permite um processo de amostragem menos complexo.

Especificamente para o transporte rodoviário de cargas, tem-se o INCT/Fipe, com um propósito bastante interessante de mensurar a evolução dos custos do transporte.

A periodicidade dos índices varia de diária a mensal e está diretamente relacionada à liquidez dos respectivos mercados e aos objetivos dos índices.

Destaca-se, finalmente, a participação de empresas privadas na elaboração dos índices. Essas empresas podem ser corretoras de transporte, bolsas de negócios ou mesmo os agentes transportadores. Essa diversidade ressalta o papel que os índices de transporte apresentam à sociedade, uma vez que há todos esses esforços em seu conhecimento.

A análise dos índices existentes para o transporte permite concluir que há diversos objetivos por trás de cada um deles. Apesar disso, observa-se que, na maioria, há rotas bem definidas e ponderações geralmente fixas, com o predomínio da fórmula de cálculo de Laspeyres.

5 METODOLOGIA

5.1 Construção dos índices

Para se chegar em uma metodologia deve-se sistematizar os tópicos para a construção de um índice de frete[58]. Sugere-se a consideração de oito pontos fundamentais. São eles: (i) definição dos objetivos dos índices; (ii) definição do modelo econômico; (iii) definição dos determinantes da função agregação; (iv) definição dos níveis de agregação; (v) definição da base de comparação; (vi) definição da fórmula de cálculo da função agregação; (vii) definição do processo de amostragem; e (viii) avaliação dos índices.

5.1.1 Definição dos objetivos do índice

Esta primeira etapa pode parecer de tal forma simples que, algumas vezes, acaba sendo desconsiderada, ficando-se, por esse motivo, sujeito a problemas diversos, tanto do aspecto teórico quanto da real utilidade dos indicadores criados.

Dependendo da amplitude e heterogeneidade das situações que o índice se propõe a medir, poder-se-á estar mais ou menos propício a imprecisões, de modo que a metodologia deve oferecer mecanismos para seu controle. Essas imprecisões podem ser tanto um erro metodológico quanto um desvio natural das situações específicas que se deseja confrontar aos índices, sendo, nesse segundo caso, uma característica intrínseca ao processo de agregação adotado.

[58] Fisher (1927) foi o primeiro autor a sistematizar os passos para a construção de um índice de preço. O seu trabalho serviu de inspiração para o presente esforço de elencar os procedimentos básicos relevantes.

As imprecisões apresentam – via de regra – uma probabilidade maior de ocorrer quanto maior for a diversidade de produtos e/ou serviços dentro de um mesmo nível de agregação das informações em itens.

Um "item" passa a ser considerado como o dado (unitário) que entra como componente da função agregação. Pode ser uma informação pontual referente ao preço (p) ou quantidade (q) de uma única mercadoria ou uma única rota, ou mesmo um agregado de informações (uma média aritmética, por exemplo) que entra na função como um único item.

Se, por um lado, a agregação de diversas informações em um item pode levar a uma representatividade não adequada, por outro, uma maior desagregação - caracterizada por um maior número de itens - pode exigir um número significativamente mais elevado de observações básicas para a satisfatória elaboração dos índices. Muitas vezes, todo esse volume de observação não está disponível, seja por limitações nos processos de amostragem, seja pela própria natureza do mercado, que pode apresentar características fortemente sazonais, com saídas e entradas de produtos e serviços. Portanto, a escolha dos níveis de agregação pode ser considerada uma decisão estratégica na elaboração dos índices, devendo o objetivo do índice nortear essa decisão.

Um índice pode propor-se a representar a evolução do preço do frete por um modal específico de um conjunto de produtos agrícolas para todo o território nacional. Trata-se de uma tarefa de agregação relativamente complexa, havendo muitas regiões com diversas peculiaridades do mercado de cada produto, características dos veículos, entre outros. Esse indicador teria como objetivo representar a evolução no nível geral dos fretes para a movimentação da produção agrícola do país. Seria uma informação macroeconômica interessante mas, dada sua ampla agregação, poderia não refletir com precisão a evolução do preço do transporte de um determinado produto que se tem interesse em conhecer.

Supondo-se a situação na qual o interesse resida no conhecimento da evolução do preço do transporte de um produto específico, o processo de agregação passa a ser relativamente menos complexo. Porém, se o objetivo do índice é medir os preços da movimentação do produto entre duas regiões bem definidas, esse segundo indicador

pode também deixar a desejar, surgindo a necessidade de um terceiro índice. Esse último, seguindo os exemplos, objetivaria medir a evolução do frete apenas na região de atuação de um determinado transportador, definida por uma origem e um destino. Tem-se, por conseguinte, uma menor diversidade de informações, o que facilitará o processo de agregação.

Além do processo de agregação, decorrem do objetivo do índice todas as outras decisões necessárias para sua elaboração, incluindo a escolha do modelo econômico, da fórmula de cálculo, da base de comparação, da periodicidade etc.

5.1.2 Definição do modelo econômico

Os objetivos dos índices norteiam a escolha do modelo econômico, que é o ponto central na sua elaboração. É o modelo teórico que define as relações funcionais entre as variáveis passíveis de mensuração.

Carmo (1987) afirma:

> *"Há quase que um consenso na literatura sobre números-índice, que seu cálculo deve estar embasado em uma teoria, sendo que muito do que existe de ambíguo a respeito do assunto decorre da falta de uma base teórica sólida. Assim, o primeiro passo na formalização da metodologia de cálculo deve ser a definição do que se pretende que o número-índice meça, na particular aplicação considerada, através da formalização de um modelo teórico" (p.9).*

Em síntese, deve-se definir o modelo que representa a função econômica do agente cujo comportamento será a base para o entendimento da evolução dos preços e quantidades. Essa concepção na elaboração dos índices deriva do enfoque econômico, já apresentado, e que pode ser considerado como um dos maiores avanços na Teoria dos Números-Índice.

O modelo é que define a chamada função agregação que, em última análise gera o índice almejado. Foi dito que um índice de preço nada mais é do que uma função dos preços e de suas respectivas quantidades.

Neste trabalho, sugere-se que o modelo de formação do preço do frete proposto por Samuelson (1977) seja adotado. A principal vantagem desse modelo é a consideração não apenas dos custos do transporte como formadores do seu preço mas também todas as forças de mercado do produto a ser transportado.

A importância de se considerar o "preço do frete" e não somente o "custo do frete" já fora manifestada por Teixeira-Filho (2000):

> *"No Brasil as metodologias de cálculo tradicionais encontradas na Literatura estão orientadas para os custos de transporte e não para o comportamento da demanda e da concorrência. A base de uma economia de mercado é a livre concorrência e uma das premissas é que todos os envolvidos em uma transação comercial tenham acesso às informações relativas aos preços praticados no mercado, daí a importância de uma estimativa dos valores de frete de acordo com o mercado" (p.18).*

Diante dessas observações, o modelo proposto é aquele originado pela já exposta equação (6). Essa considera o preço como uma função dos diversos atributos relacionados ao serviço de transporte, bem como às condições geográficas nas quais o mesmo ocorrerá.

O agente transportador, dada sua função de produção, depara-se com o problema da maximização de lucro, na qual o preço do frete (6) é visto como uma solução desse problema. O objetivo passa a ser a mensuração da evolução dos preços dos fretes i (p_i) que maximizem o lucro do transportador para uma dada configuração do serviço, representado por um conjunto de atributos bem definidos.

5.1.3 Definição dos determinantes da função agregação

O processo de agregação exige parâmetros para ser realizado. O conhecimento desses parâmetros advém do estudo da formação das variáveis que os índices procuram mensurar, no caso, o preço.

Os estudos dos determinantes desses preços são fundamentais, por conseguinte, para a elaboração dos índices. Esses determinantes podem ser controláveis ou não-controláveis.

Os determinantes controláveis são aqueles passíveis de serem bem definidos e mantidos constantes durante os processos de agregação e cálculo. São exemplos o tipo de carga, veículo, embalagem, acondicionamento, distância, local de origem e destino etc.

Os determinantes não-controláveis são exatamente aqueles cuja influência é responsável pela evolução dos índices. A mensuração do seu efeito conjunto sobre o nível geral de preços é o objetivo dos índices propostos. Em síntese, para o caso específico do transporte de cargas agrícolas, esses determinantes são os custos do transporte, definidos por diversos fatores, como preço do combustível, manutenção, salários, juros etc., assim como o preço da mercadoria em transporte e as elasticidades dos mercados na origem e destino dessa mercadoria.

Apresentados os dois grupos de determinantes, fica claro que o controle do primeiro grupo visa isolar o seu efeito sobre os índices, permitindo que apenas os determinantes não-controláveis sejam as fontes de variação nos preços do serviço de transporte.

No capítulo anterior procurou-se definir e apresentar as variáveis que formam o preço do frete e, portanto, o produto de transporte, sendo que esse passará a ser considerado o resultado da multiplicação do preço pela quantidade[59] do transporte, para um dado conjunto de atributos. Deve ter ficado evidente que há muitas variáveis e dimensões que compõem esse produto, de modo que sua exata delimitação não é tarefa simples. Os componentes do produto de transporte são representados pelos conjuntos de atributos a_i e g_i da expressão (6).

Utilizando-se a organização da Tabela 11 (página 35), na qual as variáveis que determinam o preço do frete são organizadas por grupos, pode-se fixar algumas delas, conforme o objetivo do índice de frete que se pretende construir. Esse processo, de

[59] Como o interesse está relacionado à construção de índices de preço e não de quantidade, esta acaba apresentando o papel de ponderação na função de agregação.

tomar como dadas essas variáveis, é possível pelas características do transporte em questão. O tipo de carga, o seu peso, volume, forma de acondicionamento, tipo de equipamento de transporte, dentre outros, são alguns exemplos, abordados a seguir.

A partir deste momento, centraliza-se o objetivo no desenvolvimento de uma metodologia para elaboração de índices de frete que será aplicada em um estudo de caso, caracterizado por um único modal (o transporte rodoviário) de um determinado produto (soja a granel). Com essa delimitação, as variáveis relacionadas ao veículo de transporte (representadas pelo grupo 3 da tabela referida anteriormente) passam a ser fixas, uma vez que há um certo padrão de transporte caracterizado pelo modal e em carretas que transportam, geralmente, entre 25 e 40 toneladas[60]. A forma de acondicionamento é o carregamento a granel e a lotação do veículo é completa.

Com o mesmo raciocínio, observa-se que as variáveis relacionadas diretamente à carga (grupo 2) também acabam se tornando fixas, à exceção do seu preço, cuja oscilação é relevante para a logística das cargas agrícolas.

Desse modo, restam as variáveis relacionadas aos custos de transporte e às condições de mercado que se operam os fretes (grupos 1 e 4, respectivamente). Como demonstrado nos estudos antecedentes, a variável distância do frete é a mais importante como formadora do seu preço. Além disso, uma série de outras variáveis apresentam correlação direta com essa, tais como os custos operacionais (maior distância, maiores custos por tonelada transportada), a despesa com combustível (maior distância, mais gasto com combustível), o tempo de transporte (maior distância, mais tempo necessário para a operação), os gastos com salários e seguros (maior distância, maiores dispêndios com salários e seguros), dentre outros. Portanto, ela pode ser capaz de representar, adequadamente, uma série de atributos fundamentais do transporte.

Para que se obtenha uma razoável aproximação do ponto de vista econômico, a comprovação dessas relações é necessária. Tratam-se de hipóteses a serem testadas.

---

[60] É importante que se ressalte que, nos últimos anos, as carretas tipo “rodotrem” e “bitrem” têm aumentado sua participação no mercado, provavelmente com alguma influência sobre os custos do transporte. Esses são equipamentos que permitem carregar maior volume de carga em um mesmo veículo de tração.

Essa análise pode ser conduzida mediante o ajuste de um modelo econométrico do preço em função da distância, da seguinte forma:

$$p = a + bd + e \tag{44}$$

onde p, a variável dependente, é o preço em R$/t.km do frete; e d, a variável explicativa, é a distância em quilômetros do frete; e é o erro aleatório do modelo, com $E(e)$ igual a zero e variância s^2. Caso esse modelo não apresente um ajuste satisfatório, deve-se testar outras relações que não a linear, tal como a logarítmica e a exponencial, por exemplo. Nesses casos, a variável d deve passar por alguma dessas transformações.

Se comprovando a existência das relações for comprovada, a distância poderá passar a apresentar papel fundamental na construção dos índices. Com isso, pode desempenhar o papel de atributo-chave para formação dos preços. Além dessa variável, deve-se procurar levar em conta as forças de oferta e demanda local em cada um dos fretes.

Em síntese, o preço do frete pode ser colocado como uma função da distância:

$$p = f(d) \tag{45}$$

Mas o preço do frete também pode ser influenciado pelas forças derivadas da oferta e demanda do produto a ser movimentado (d), conforme o modelo proposto, de modo que:

$$p = f(d;\ \delta) \tag{46}$$

Adota-se como hipótese o fato de que, fixados os outros atributos já mencionados (tipo de carga e veículo, acondicionamento, peso etc.), o produto de transporte passe a

ser definido pelo preço (do frete) e pela quantidade (representada pela distância envolvida[61]):

$$PT_i = p_i q_i = p_i(d_i; d_i) q_i = p_i(d_i; d_i) d_i \tag{47}$$

sendo PT_i o produto de transporte do frete i; p_i o preço do frete i, d_i a distância percorrida pelo frete; e $\boldsymbol{d_i}$ a variável representativa das forças de oferta e demanda da carga a ser transportada.

O preço do frete (p_i), estabelecido por unidade de peso e por unidade de distância, é normalmente denominado como momento de transporte. Para produtos agrícolas, as unidades geralmente utilizadas são a tonelada e o quilômetro, respectivamente. Portanto, considerando-se a moeda brasileira (o Real), o preço (p_i) do frete é dado em R$/t.km. Quando multiplicado pela distância (em km), o resultado (o produto de transporte) é dado em R$/t.

Analogamente aos modelos de índice de preço ao consumidor (índices de custo de vida), o produto de transporte corresponderia à produção de um transportador referente à prestação de serviço de transporte em uma determinada rota, definida por sua distância (km) e preço (R$/t.km).

Em síntese, o índice de preço de frete proposto pretende responder ao seguinte questionamento: qual a variação do nível geral dos preços de frete que maximiza o lucro de um transportador representativo para uma dada configuração do produto de transporte?

Observa-se que, apesar da analogia, há uma distinção significativa entre o que se propõe e os consagrados índices de custo de vida: para os índices de frete, o ator estudado é o transportador, ou seja, o ofertante do transporte; já nos índices de custo de vida, o ator central é o consumidor, o demandante da cesta de produtos e serviços básicos. As funções de agregação, por conseguinte, diferem de uma função de produção para uma de consumo (utilidade).

[61] Além da distância, a quantidade de carga transportada também foi utilizada como informação para ponderação, sendo uma variante do modelo, como será apresentado oportunamente.

Uma alternativa a esse modelo seria considerar o problema de minimização do custo de transporte por parte do embarcador, ao invés da maximização do lucro do transportador. Em princípio, essa alternativa parece mais lógica, uma vez que é consagrado o poder de barganha que, geralmente, embarcadores têm sobre transportadores, conforme Caixeta-Filho (1999). Assim, a decisão (e ação) do embarcador na negociação seria predominante sobre a do transportador. Contudo, a premissa de que o transportador apresenta livre mobilidade permite que ele escolha onde atuar geograficamente, ofertando seu serviço em busca das melhores remunerações. O embarcador, por sua vez, está necessariamente limitado a atuar em rotas específicas de escoamento, sujeitando-se às condições de mercado das mesmas. Sob esse ponto de vista, a escolha do transportador como agente econômico parece mais razoável. Apesar desse dilema, deve-se ter em mente que, muito provavelmente, qualquer um dos pontos de vista geraria resultados equivalentes, uma vez que está se considerando os preços de equilíbrio (aqueles efetivamente praticados).

5.1.4 Definição dos níveis de agregação

Entende-se por nível de agregação cada uma das etapas verticais de agregação das informações componentes dos índices.

Cada nível é caracterizado por uma função de agregação. As informações básicas são a menor unidade de mensuração existente e formam o primeiro nível de agregação quando agrupadas em itens.

As informações básicas referem-se àquelas caracterizadas por um frete específico, bem definido: por um modal de transporte, um tipo de veículo, forma de acondicionamento, uma determinada carga, uma origem, um destino, uma distância percorrida, dentre outros. A esse conjunto de atributos ($a_i;g_i$) estará relacionado um preço p_i, estipulado em unidades de valor para certa quantidade e em uma distância. A distância percorrida (d_i, em km), de acordo com o modelo proposto, será a quantidade do produto de transporte.

O preço (p_i) do frete precisa ser bem definido. Em vista da variação que pode haver, basicamente, nos seguros de transporte e nos impostos sobre o serviço, imagina-se que a melhor informação seja aquela caracterizada apenas pelo preço do serviço, excluindo esses outros itens. Em outras palavras, trata-se do preço do frete pago pelo embarcador ao transportador, livre de seguros e impostos.

Um ponto importante refere-se à decisão de considerar ou não na amostragem as idéias de preços[62] de fretes, e não apenas os preços de serviços efetivamente realizados. O ideal parece ser a consideração de - e somente de - preços efetivos, que refletem melhor a realidade do mercado. Contudo, em determinadas situações, em especial em períodos de escassez de informações, pode-se avaliar a eventual utilização das idéias de preços.

Deve ficar claro que o número de níveis de agregação está diretamente ligado à amplitude e à precisão que se deseja conferir ao índice. A delimitação dos determinantes da agregação é fundamental no contexto e será definida pelas características intrínsecas a cada tipo de transporte. Portanto, para a elaboração de um índice, estudos prévios dessa natureza são necessários.

5.1.5 Definição da base de comparação

Um índice traz intrínseco em seu conceito a relatividade. Portanto, sempre haverá, no mínimo, duas situações (pontos no espaço ou no tempo) em comparação. Disso surge a necessidade de definição de uma base comparativa, que deve ser escolhida em função, principalmente, do objetivo do índice.

Como foi comentado anteriormente, sempre houve muita discussão sobre esse tema, de modo que o conhecimento da teoria é importante para o entendimento do papel da base no contexto dos números-índice.

---

[62] Idéias de preços, também chamadas de "preços nominais", são cotações do serviço obtidas junto ao mercado. Podem ser ofertas de venda (por parte dos transportadores) ou compra (por parte dos embarcadores), mas não, necessariamente, são negócios realizados.

Ficou evidenciado que, do ponto de vista da Teoria Econômica, as bases encadeadas apresentariam maior respaldo. Mas esse sistema esbarra, na maioria das vezes, na indisponibilidade de informações de modo contínuo (sistemático), especialmente as de quantidade, responsáveis pelas ponderações dos preços. Por esse motivo, podem ser relegadas a um segundo plano. Se houver adequada disponibilidade de informações, porém, a utilização de bases encadeadas pode ser viável.

É comum reportar-se ao período imediatamente anterior como forma de representação dos índices. Em função disso e da existência de uma significativa variação de mês para mês, quando se fala de preço dos fretes agrícolas, imagina-se que um índice referido no período imediatamente anterior possa ser o mais adequado para a representação dos preços de frete. Por conseguinte, é necessário que a base também esteja no período (mês, por exemplo) imediatamente anterior.

Diante dessas observações, imagina-se que o sistema de bases encadeadas seja o mais adequado para o que se propõe.

Contudo, o problema da base provavelmente ainda não estaria completamente resolvido. Apesar da utilidade das variações entre períodos subseqüentes ser aparentemente maior, é bastante comum a necessidade de comparação entre períodos específicos não subseqüentes, especialmente em mercados caracterizados por ciclos, como no caso do mercado de fretes agrícolas. Pode-se estar interessado em comparar a variação do preço do frete entre o pico de uma safra e o pico da safra seguinte (março de 2001 com março de 2002, por exemplo); ou ainda entre a safra e entressafra de um mesmo ano agrícola (março de 2002 com dezembro de 2001, por exemplo).

Tendo-se esses objetivos, os índices encadeados podem apresentar alguma limitação, uma vez que não atendem ao teste da circularidade - assim como os de base fixa -, apesar de serem uma aproximação à concepção de Divisia. Por isso, os índices mensais subseqüentes (acumulados) não serão suficientes para a obtenção exata da variação entre dois pontos relevantes não-subseqüentes, como exemplificado.

A solução para o impasse pode estar no cálculo de mais de uma série de índices, cada uma com bases distintas. Uma seria com bases encadeadas, para refletir a evolução período a período (subseqüente). A outra (ou outras) teria sua base em um período-

chave, a ser eleito conforme o objetivo do índice - por exemplo o mês de janeiro, representando o início do ano civil; ou o mês de março, representando o início da colheita, se for o caso; ou ainda o mês de julho, representando o início do ano safra etc.

Também é possível que, dependendo da fórmula utilizada, os resultados da acumulação dos índices encadeados sejam bastante aproximados aos resultados dos índices de base fixa em períodos relevantes Isso ocorreria de acordo com: (i) da capacidade de adaptação da fórmula (o índice de Fisher, por exemplo, apresenta boa aproximação); (ii) a dimensão do intervalo (distância) entre um período e outro (maior o intervalo, maior a probabilidade de diferenças); e (iii) a natureza da trajetória de preços e quantidades, que só poderá ser avaliada aplicando-se, às fórmulas, os dados reais dos quais se almeja obter o índice.

As colocações permitem concluir que, apesar de haver indicativos de qual seja a base (teoricamente) preferível, a validação final de uma ou outra metodologia a respeito desse ponto só acontecerá *a posteriori.*

5.1.6 Definição da fórmula de cálculo da função agregação

Definidos esses pontos, parte-se para o cálculo propriamente dito dos índices. Para tanto é necessária a definição da fórmula de cálculo. Antes de avançar é importante ressaltar que cada nível de agregação requer uma fórmula dessa natureza

Expôs-se que há uma grande diversidade de fórmulas propostas pela teoria. Em um contexto geral, não há resposta para a questão: qual a melhor fórmula?. O que existem são fórmulas mais adequadas, dependendo do caminho que se escolheu trilhar para chegar a um índice mais aproximado àquele que melhor refletisse a realidade. Deve-se sempre ter em mente que um índice agregado é uma simplificação, uma aproximação.

Primeiramente, o melhor procedimento para escolha da fórmula é o entendimento das vantagens e limitações de cada uma delas. Essa é uma validação *a priori* dos índices a serem obtidos.

Devido à existência de diversos enfoques sob os quais as fórmulas podem ser analisadas, imagina-se que o melhor caminho seja a consideração do maior número possível desses enfoques, portanto, um "enfoque integrado".

As principais fórmulas de cálculo de índices de preços foram apresentadas no item 3.1. Essas, podem ser resumidas na Tabela 19.

Tabela 19. Índices originados da aplicação das fórmulas de cálculo.

Índices	
Carli	Geométrico
Dutot	Walsh
Lowe	Coggeshall
Palgrave	Logaritmo Paasche
Laspeyres	Harmônico Laspeyres
Paasche	Törnqvist
Fisher	Theil
Jevons	Vartia I e II

5.1.7 Definição do processo de amostragem

Após todas as decisões tomadas, sua aplicação vai exigir a disponibilidade dos dados que irão permitir a elaboração dos índices.

O processo de obtenção dos dados deveria ser apenas uma conseqüência das exigências metodológicas, mas – nas aplicações práticas – também acaba sendo um dos condicionantes da metodologia, uma vez que há sérias limitações envolvidas no processo de amostragem que restringem, em muitos casos, a aplicação de metodologias consideradas mais precisas.

Não foi objetivo desta pesquisa a abordagem dos processos de amostragem. No campo da Estatística há diversas contribuições nesse sentido, a serem seguidas. King (1930) foi um dos autores que mais se preocupou em alertar para a importância do

processo de amostragem na elaboração de um índice de preço. Por ora, o objetivo é exclusivamente ressaltar a relevância da amostragem nesse processo.

5.1.8 Avaliação dos índices

O processo de validação dos índices, como foi mencionado anteriormente, tem seu início antes mesmo da sua obtenção: quando da escolha da metodologia de cálculo, especialmente quando da escolha da fórmula. Essa forma de validação é denominada "a priori". Há contribuições da ciência que permitem recomendar esse ou aquele método para a elaboração dos índices. No entanto, há meios empíricos de testá-los. E mais uma vez, o objetivo delegado ao índice deve ser o norteador desse processo.

A única forma de validá-los, sob essa ótica, é confrontando-os, de alguma maneira sistemática, com situações reais às quais o índice se propõe a representar. Portanto, a análise empírica é a única possibilidade de validação *a posteriori.*

5.2 Estudo de Caso: índices de frete para soja

A relativa ambigüidade na definição de uma metodologia que mais aproxime a prática da realidade, implica necessidade de se testar empiricamente a capacidade de resposta de cada índice quando aplicado a uma situação real.

De posse dos índices calculados e enfocando precisamente o objetivo para o qual o mesmo foi desenvolvido, deve-se adotar procedimentos empíricos que definam sua capacidade de representar de modo satisfatório os objetivos definidos. Portanto, é necessária a aplicação da metodologia para avaliá-la por completo.

Sendo assim, a metodologia com suas variantes foram aplicadas a uma base de dados existente. Optou-se pelos dados do Sistema de Informações de Fretes (Sifreca)[63]. O transporte do produto soja a granel foi eleito como objeto de estudo.

---

[63] SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES - SIFRECA. **Banco de dados**. Piracicada: ESALQ, 2002.

A soja é o produto agrícola de maior importância econômica para o Brasil, sendo necessária uma enorme matriz de transporte para o escoamento de toda a produção. Devido a essa relevância, o Sifreca preocupa-se em acompanhar com bastante minúcia o comportamento do preço do frete desse produto.

As informações de preço de frete são levantadas pelo Projeto Sifreca e são agrupadas de modo a originarem preços médios mensais para cada rota específica (uma origem, um destino e uma distância), para determinado modal de transporte e produto. Os preços referem-se a fretes realizados, portanto, não são apenas idéias de preço (ou apenas cotações), mas sim preços efetivos. Para a utilização nesta pesquisa, foram utilizadas informações mensais do frete de soja, durante o período de 56 meses, compreendido entre janeiro de 1998 e agosto de 2002. No total são 10.746 informações de preço de frete para a soja a granel no período de estudo, com 1.761 combinações distintas de rotas: município de origem e município de distância.

Os preços são dados em Reais por tonelada. Dividindo-se esse valor pela quilometragem da rota (que também está disponível), tem-se o preço do frete por tonelada e por quilômetro (R$/t.km). Essa informação que, segundo a proposição da pesquisa, é o preço (p) a ser utilizado no cálculo dos índices.

A distância por sua vez, ou a quantidade de quilômetros percorridos, passa a ser a segunda informação necessária para o cálculo dos índices: a quantidade (q).

Operacionalmente, nesta pesquisa, para o processamento dos dados, a base de informações é tratada no *software Access* (Microsoft Corporation, 1997), por se tratar de um aplicativo especializado em banco de dados. Esse é utilizado, especialmente, para o processo de agregação dos itens que formaram os índices, partindo das informações básicas disponíveis. O *software Excel* (Microsoft Corporation, 2000), por sua vez, é utilizado na elaboração dos índices e nas suas comparações. Os modelos e análises econométricas, finalmente, são realizados por meio do *software RATS* (Estima, 1997), específico para aplicações dessa natureza.

Segundo o que se propõe, a elaboração de um índice de preço deve seguir os oito tópicos sugeridos, aplicando-os sobre a base real de informações. Devido ao fato de existirem diversas alternativas de escolhas - dentro de cada um dos oito pontos - é

necessário que se criem alguns tratamentos, originados de combinações que venham a surgir do arranjo dessas alternativas. Foram testados quatro tratamentos.

5.2.1 Tratamento 1

O índice que se propõe elaborar neste primeiro tratamento objetiva representar a variação mensal do nível geral do preço do frete rodoviário para a soja no Brasil. O índice, conseqüentemente, poderia ser visto como um indicador macroeconômico, devido à amplitude da sua atuação. Além dessa informação, há o objetivo de divulgar sub-índices por faixas de distâncias, permitindo maior riqueza de informações, e que os agentes utilizem aqueles mais específicos de seu interesse. Esse objetivo decorre do reconhecimento de que os preços dos fretes evoluem de modo distinto conforme a distância.

O modelo econômico sob o qual está baseada a elaboração do índice é o da formação do preço do frete, adaptado de Samuelson (1977) e apresentado detalhadamente no capítulo 2. Segundo esse modelo, há um transportador representativo maximizador de lucro, com livre mobilidade na prestação do serviço, portanto, podendo transportar soja de qualquer origem para qualquer destino do País. Essa livre mobilidade permite-o buscar os melhores fretes dependendo da época do ano, com o objetivo de escolher o nível de produto de transporte (*PT*) que maximize o seu lucro.

O produto de transporte é representado pelo preço do frete (em Reais por quilômetro) multiplicado pela quantidade de quilômetros envolvidos na movimentação (distância, em km). A função agregação é representada pelo produto de transporte.

O conceito de produto de transporte, como já se viu, engloba uma série de outros atributos. Por esse motivo, deve estar devidamente especificado. No caso específico para a soja, o frete é realizado por carretas graneleiras. Os procedimentos para carga e descarga são praticamente os mesmos, não havendo diferenciação significativa nos seus cuidados e manejo. O produto transportado, por ser uma *commodity*, é homogêneo e sem diferenciação. Em se fixando essas características do produto de transporte, permite-se isolar seus possíveis efeitos. Desse modo, tem-se que apenas as forças de mercado,

como os custos do serviço de transporte, o preço da *commodity* no mercado e as suas elasticidades de oferta e demanda nas origens e destinos (respectivamente), devem influenciar os preços do frete e suas respectivas quantidades (distâncias).

Para a elaboração do índice nesse tratamento 1, sugere-se apenas dois níveis de agregação. No nível 1 todas as informações disponíveis são agregadas em função da distância do frete, de modo a se obter uma média aritmética simples por faixa de distância. Adotam-se faixas de 100 quilômetros de distância, obtendo-se 23 faixas, que são os itens. As distâncias de cada uma das rotas são somadas de modo a originar a quantidade total de quilômetros envolvidos na movimentação do produto.

Matematicamente:

$$p_j = \overline{p}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i}{n}, \text{ com } j = 1, ..., 23; \text{ e} \tag{48}$$

$$q_j = \sum_{i=1}^{n} q_i, \text{ com } j = 1, ..., 23, \tag{49}$$

sendo, p_i a informação do preço (R$/t.km) da base do Sifreca para cada uma das *n* rotas em um determinado mês; p_j é a média aritmética dos preços de rotas, agregadas por faixas de distância de 100 km (de 0 a 100 km; de 101 a 200 km, ..., de 2200 a 2300 km); q_i é a quantidade de quilômetros referente a cada uma das informações da base de dados, e q_j o seu somatório, agregando-se da mesma forma.

No nível 2 aplica-se a função agregação representativa do modelo econômico. Portanto, a cada item (faixa de distância) estão associados um preço de frete (p_j) e uma quantidade (q_j), formando a função do produto de transporte.

Do ponto de vista econômico, isso significa que o transportador representativo pode oferecer 23 variações do seu serviço, que são os fretes em distâncias distintas. Para a prestação de cada serviço desses, há uma remuneração média representada por p_j,

referente uma quantidade q_j. Portanto, sob o ponto de vista microeconômico, o agente vai procurar, por meio da escolha da combinação entre p_j e q_j, a situação que lhe proporcionará o maior retorno para uma dada configuração de fatores como: custos do serviço, preço da mercadoria e forças de oferta e demanda em cada origem destino.

Essas condições significam que há a hipótese de que, dentro de cada item (cada faixa de distância), os preços dos fretes evoluem proporcionalmente, independentemente de outros fatores, especialmente, as localidades de origem e destino da mercadoria. Portanto, têm se a hipótese de que os preços estão distribuídos normalmente em cada faixa de 100 km, sendo a média aritmética seu estimador.

Nesse segundo nível, a função de agregação (produto de transporte) é então utilizada para originar o índice de frete. Foram apresentadas 17 possibilidades de fórmulas de cálculos sugeridas pela literatura, com seus pontos positivos e negativos, sob os mais distintos enfoques. Visando um exercício empírico, bem como para melhor ilustrar o resultado originado, opta-se - nesse tratamento 1 - pela aplicação de todas as fórmulas apresentadas na base de informações disponíveis.

Os resultados são confrontados, permitindo uma avaliação do que se espera da teoria. Com esse procedimento, imagina-se que algumas decisões a respeito da escolha ou rejeição de determinada fórmula, possam ser tomadas.

Em princípio, a metodologia pode apresentar um avanço no cálculo de índices de preços, qual seja o de permitir a constante mudança de base, resultando nos chamados índices em cadeia ou índices de bases encadeadas. Essa possibilidade decorre do fato de que as ponderações, representadas pelas quantidades, podem estar disponíveis em cada etapa de cálculo dos índices, uma vez que, pela metodologia de levantamento de informações (amostragem), pode ser possível obtê-las conjuntamente com os preços praticados.

Esse é um dos pontos mais difíceis de serem tratados na construção de índices de preços ao consumidor (IPCs) cujas ponderações permanecem fixas por longos períodos, devido à dificuldade prática de atualizá-las, o que é feito com as Pesquisas de Orçamentos Familiares (POFs).

A definição da base de comparação, além das limitações de caráter prático, está diretamente relacionada aos objetivos dos índices. Isso fica bastante claro neste estudo de caso. A questão que se coloca é a de qual a informação que os possíveis usuários do índice desejam. Em um primeiro momento pode-se imaginar que o interesse esteja relacionado à variação do nível geral do frete do mês *m* em relação ao mês anterior, *m-1*. Nessa situação, seria necessário que as bases variassem todos os meses, de modo a expressar com maior precisão a real variação no período.

Mais uma vez, reportado-se ao caso dos IPCs, a variação de meses subseqüentes também é calculada, contudo a base de ponderação está fixa em um período anterior mais distante, de modo que se supõe que a ponderação (as quantidades relativas) não tenha variado, o que é inconsistente coma Teoria Econômica, uma vez que se sabe que há uma relação estreita entre preços e quantidades.

Dessa maneira, a obtenção de índices encadeados surge como melhor opção do ponto de vista estritamente matemático. Porém, imagina-se outra situação em que o agente do mercado esteja interessado não em saber qual a variação do nível geral de preços do presente mês em relação ao mês anterior, mas sim do mês atual para o mesmo mês no ano anterior, ou seja, há 12 meses atrás. Além disso, pode-se supor ainda que se esteja interessado em saber a variação do preço no auge da movimentação da safra (março) em relação ao início do ano civil (janeiro), ou mesmo em relação a um período qualquer da entressafra (novembro), por exemplo. Nessas situações os índices não estão considerando meses subseqüentes, mas sim períodos não contínuos. Para se obter índices que meçam a variação em meses não subseqüentes, em um sistema de bases encadeadas, incorre-se em vieses de cálculo, uma vez que praticamente não há índices que atendem, exatamente, ao teste da circularidade (ver APÊNDICE 3).

Diante do suposto impasse, dois caminhos podem ser seguidos: (i) adota-se o sistema de bases encadeadas, avaliando-se a dimensão do viés originado na acumulação; (ii) adota-se um sistema de base fixa em períodos-chave, permitindo, inclusive, mensurar o viés originado do encadeamento anterior. Na realidade ainda há um terceiro caminho, que é a utilização dos dois sistemas, o que irá gerar mais de uma série de índices para a mesma situação. Essa poderá ser a saída caso não se identifique fórmula

ou fórmulas que se aproximem – razoavelmente – ao atendimento da circularidade. Em uma etapa inicial, a metodologia adotada é a das bases encadeadas, de modo a avaliar o resultado de outros fatores, como a fórmula, a agregação etc.

De posse dos índices calculados segundo metodologia proposta, a última etapa consiste na avaliação do resultado, podendo ser chamada de validação. Esse termo pode não ser o mais adequado, uma vez que o caráter empírico dos índices inviabiliza uma exata validação. O que se pode ter são índices que seguem os preceitos teóricos, lógicos e estatísticos, procurando atender determinado objetivo bem específico. Entretanto, sempre será um processo aproximado, pela sua própria natureza, como se evidenciou no capítulo referencial. O termo "validação", portanto, é apenas uma forma de se referir ao processo de avaliação.

A validação pode ser dividida em dois grupos de ações: aquelas *a priori* e a *a posteriori*. Os índices obtidos serão comparados entre si, tendo em vista a melhor aproximação sob cada um dos enfoques. Essa comparação consiste na análise da correlação entre os índices originados e no comportamento das diferenças percentuais entre e intra cada série ao longo do período. Além desses procedimentos, uma forma importante de avaliar os índices é observar se o mesmo representa uma adequada visibilidade[64] para situações determinadas. Em outras palavras, elegendo-se algumas situações específicas reais (uma rota fixa operada pelo transportador *X*, por exemplo), há que se verificar se o índice estaria representando-as de modo satisfatório.

Esses foram os pontos sugeridos para a construção do índice. Esquematicamente, para facilitar a visualização, o procedimento para o tratamento 1 é apresentado na Figura 10.

[64] O termo "visibilidade" foi utilizado por Barros et al. (1997).

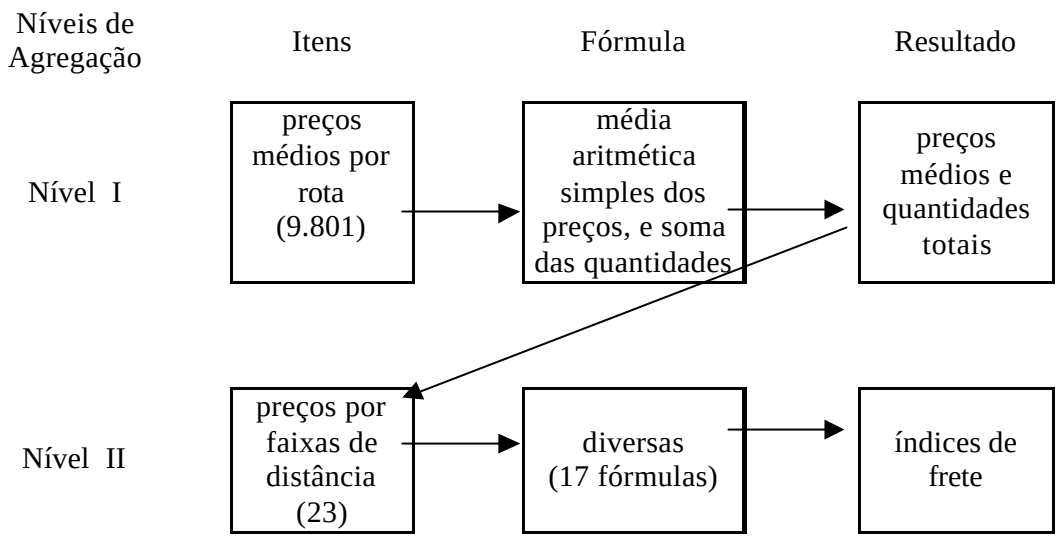


Figura 10 - Esquema para a elaboração dos índices no tratamento 1.

Da construção do tratamento 1 devem surgir questionamentos e necessidades de análises e comparações em alguns passos metodológicos, o que implica a consideração de outras situações com suas variantes.

5.2.2 Tratamento 2

No tratamento 2, diante da constatação de que as localidades de origem e destino também são determinantes do preço do frete (além da distância), as informações passam a ser agregadas segundo esses fatores. Como conseqüência haverá um maior número de itens componentes da função agregação, ou seja, um maior número de componentes do índice.

O objetivo seria a obtenção de uma melhor visibilidade, dada a maior riqueza das informações desagregadas. Ocorre, porém, que esse sistema implica maior número de observações, que podem não estar disponíveis, impedindo o cálculo dos índices, ou exigindo hipóteses para a viabilidade do seu cálculo matemático. Diante disso, há a

necessidade de avaliar quais as fórmulas e/ou hipóteses que permitem o menor viés possível, ou a melhor aproximação aos índices esperados.

Especificamente no que diz respeito à consideração das regiões de origem e destino, Mafiolleti (2001) descreveu com detalhe os principais fluxos de escoamento de soja no Brasil pelo transporte rodoviário. Baseando-se nessa contribuição e analisando-se a base de dados disponível, foi possível uma reformulação dos itens que passam a ser os componentes da função agregação neste segundo tratamento do estudo de caso.

Pelo que especifica o modelo de Samuelson e levando-se em consideração as diferentes elasticidades de oferta e demanda nos pontos de origem e destino, bem como a variação nos preços do produto, espera-se que haja diferença nos preços dos fretes. As condições naturais favoráveis à produção agrícola local, que permite a oferta de produto a preços mais competitivos; o acesso a vias de escoamento de diferentes níveis de segurança e conservação; a presença de praças de pedágios; a possibilidade de obtenção de cargas de retorno; todos são exemplos que podem influenciar na diferenciação dos preços de frete, ainda que para mesmas distâncias.

Operacionalmente, os oito tópicos metodológicos propostos para a construção dos índices neste tratamento 2 são praticamente os mesmos do tratamento 1, com algumas pequenas modificações.

Em relação ao tópico 1 (definição do objetivo do índice), tem-se que o objetivo final é o mesmo, qual seja de se dispor de um índice geral para o frete da soja. No entanto, agora se deseja a obtenção de sub-índices não apenas por faixas de distância, mas também por combinações de regiões de origem e destino dos fretes.

O modelo econômico (tópico 2) continua sendo o da maximização do produto de transporte, por parte de transportadores, para uma dada configuração de custos e elasticidades de oferta e demanda pelos produtos a serem movimentados.

Os determinantes da função agregação (tópico 3) sofrem apenas a alteração de que as regiões de origem e destino passam a ser fatores de definição dos itens formadores da função, enquanto no tratamento 1, esse critério não era considerado. O índice continua sendo formado por dois níveis de agregação (I e II). Contudo, o Nível I

passa a ser caracterizado por itens que levam em consideração a distância e a combinação entre as regiões de origem e destino.

Com as informações de Mafiolleti (2001), bem como com a análise da própria amostra disponível, foi possível se obter os itens para a consideração das principais rotas na movimentação de soja no País. O resultado encontra-se na Tabela 20.

Tabela 20. Formação dos itens de agregação, por região de origem e destino e por distância.

Região	Faixa de distância																						
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
GO/GO	√	√	√	√																			
PR/IN	√	√	√	√	√	√																	
PR/PO	√	√	√	√	√	√	√																
MT/MT		√	√	√	√	√	√	√	√	√													
SL/RS			√	√	√	√																	
MT/GO			√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√										
NN/MA				√	√	√	√	√	√	√	√												
MS/PR				√	√	√	√	√	√	√	√	√	√										
GO/SP					√	√	√	√	√	√	√	√											
MT/MS					√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√								
MS/SP						√	√	√	√	√	√	√											
GO/PR									√	√	√	√	√										
MT/PR											√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Legenda: GO/GO = Goiás para Goiás; PR/IN = Paraná para Interior do Estado; PR/PO = Paraná para Porto de Paranaguá; MT/MT = Mato Grosso para Mato Grosso; SL/RS = Rio Grande do Sul e Santa Catarina para Rio Grande do Sul; MT/GO = Mato Grosso para Goiás; NN/MA = Cerrado do Norte e Nordeste para Portos dessas regiões; MS/PR = Mato Grosso do Sul para Paraná; GO/SP = Goiás para São Paulo; MT/MS = Mato Grosso para Mato Grosso do Sul; MS/SP = Mato Grosso do Sul para São Paulo; GO/PR = Goiás para Paraná; MT/PR = Mato Grosso para Paraná.

Na legenda da Tabela 20 encontram-se as definições das regiões de origem e destino. Essas regiões são definidas pelos estados[65]. Apenas para ilustrar, as rotas que

[65] No Estado do Paraná, pelas peculiaridades do transporte ao Porto de Paranaguá, optou-se por separá-lo em dois grupos: (i) dentro do estado, mas para um destino que não seja o porto (PR/IN); e (ii) dentro do estado, com destino a Paranaguá (PR/PO). Além dessas rotas peculiares, outra exceção é o item SL/RS, que considera não apenas um estado de origem, mas sim dois Estados: Rio Grande do Sul e Santa Catarina; com destino para o primeiro onde se encontram não apenas o processamento, mas também o Porto da Cidade do Rio Grande, importante canal de escoamento da soja para processamento e exportação. Santa Catarina foi considerado juntamente com o Rio Grande do Sul porque suas regiões produtoras de soja são bastante próximas ao do estado vizinho e seu volume de produção relativamente baixo.

transportam soja de Goiás para o Paraná foram separadas em cinco grupos, formados por faixas de distância de 801 a 900 km até de 1.201 a 1300 km.

Com essa forma de agregação, obteve-se 103 itens para a sua composição.

Matematicamente:

$$p_j = \overline{p}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i}{n}, \text{ com } j = 1, ..., 103; \text{ e} \tag{50}$$

$$q_j = \sum_{i=1}^{n} q_i, \text{ com } j = 1, ..., 103, \tag{51}$$

sendo, p_i a informação do preço (R$/t.km) da base de dados do Sifreca para cada uma das n rotas em um determinado mês; p_j é a média aritmética de grupos de rotas, agregadas por faixas de distância de 100 km (de 0 a 100 km; de 101 a 200 km, ..., de 2200 a 2300 km) e por combinações de origem e destino; q_i é a quantidade de quilômetros referente a cada uma das informações da base de dados, e q_j o seu somatório, agregando-se da mesma forma.

No Nível II aplica-se a função agregação representativa do modelo econômico. Portanto, a cada item estão associados um preço médio de frete (p_j) e uma quantidade (q_j). Trata-se da função do produto de transporte. Do ponto de vista econômico o agente vai procurar, por meio da escolha da combinação entre p_j e q_j, a situação que lhe proporcionará o maior retorno para uma dada configuração de fatores como: custos do serviço, preço da mercadoria e forças de oferta e demanda em cada par origem-destino.

O passo seguinte é a escolha da fórmula de cálculo e, neste aspecto, o tratamento passa a ser caracterizado pelo desafio de trabalhar com informações não-disponíveis para a elaboração dos cálculos. Essa indisponibilidade pode ter, basicamente, duas

origens[66]. A primeira, por deficiências no processo de amostragem, decorrentes de limitações estruturais para a obtenção das informações, e/ou devido a erros, provocados por imprecisões nos processos de levantamento. A segunda possível causa de carência de informações completas é decorrente da realidade dos mercados: da não ocorrência daquela transação econômica, pela não existência da oferta, ou da demanda ou de ambos, no período ou local considerado. É o caso de produtos estritamente sazonais, que apenas são consumidos em determinados períodos do ano.

Especificamente no caso dos fretes agrícolas, o padrão sazonal é bastante evidente, por diversas questões, umas mais complexas, outras menos: a colheita é concentrada, geralmente, em no máximo 2 a 3 meses do ano (como apresentado no capítulo 2); os produtores precisam de recursos para honrar seus compromissos financeiros, necessitando comercializar sua produção rapidamente, sem a possibilidade de formação de estoques para escoamento paulatino ao longo do ano; há uma reconhecida deficiência no sistema de armazenagem no Brasil, tanto público quanto privado, dentre outros tantos.

A base de informações disponível é um exemplo de que há rotas mais freqüentes e outras nem tanto. Desse modo, quando da aplicação das fórmulas, haverá informações incompletas em determinados itens para determinados períodos, o que causará problemas matemáticos, como a divisão por zero (impossível) e a multiplicação por zero (o que tornaria índices geométricos nulos). Além desses problemas matemáticos, a inexistência de informações em dados momentos, elimina da amostra outras informações, causando vieses nos resultados finais.

Para contornar esses problemas, especialmente o de inconsistência matemática, os índices que exigem informação completa foram calculados sob duas hipóteses: (i) a da eliminação, caracterizada pela simples exclusão dos termos impossíveis (divisão por zero) ou que tornariam o índice zero (no caso dos geométricos); e (ii) a suposição,

[66] A perfeita distinção entre a primeira e a segunda causa da indisponibilidade de informações não é exatamente clara. Se o processo amostral não for adequado, pode-se tender a concluir que a informação não existe porque o mercado não existiu, enquanto na realidade poderia ter sido a imprecisão no levantamento a razão da não observação de determinada informação.

caracterizada pela extrapolação de informações de preços de períodos subseqüentes (anteriores ou posteriores).

Obviamente que ambas hipóteses podem implicar limitações, seja pela eliminação de informações relevantes, seja pela inclusão de informações extrapoladas de outros períodos. Essa metodologia, porém, permite avaliar as fórmulas de cálculo diante do problema da indisponibilidade de dados completos, que provavelmente será fato presente no cálculo de índices de fretes.

Em relação à base de comparação (tópico 6), inicia-se com o mesmo sistema de bases encadeadas. Portanto, a base será sempre o período imediatamente anterior. O processo de amostragem (tópico 7) é dado, assim como no tratamento 1. A avaliação dos índices (tópico 8) é realizada após o seu cálculo, valendo-se de resultados do tratamento 1 para comparação.

Esquematicamente, o tratamento 2 é representado pela Figura 11.

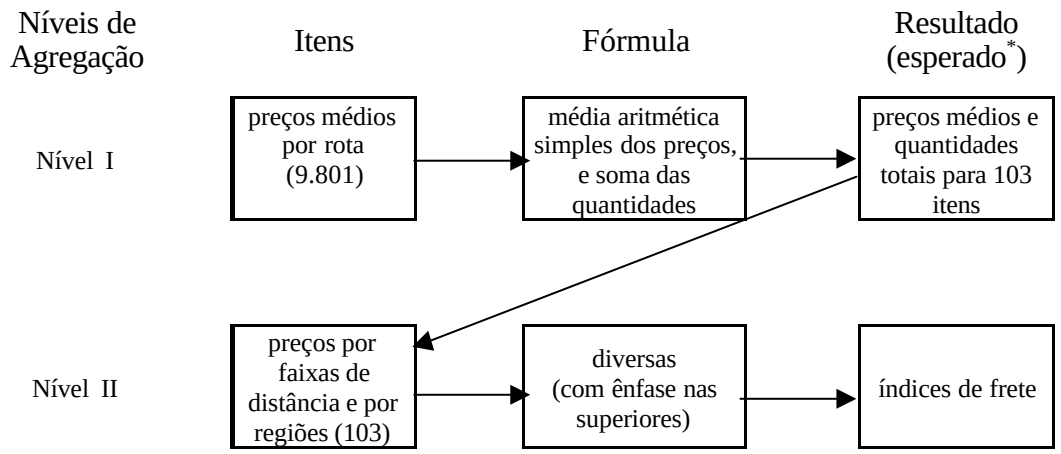


Figura 11 - Esquema para a elaboração dos índices no tratamento 2.

* Nem sempre haverá informações suficientes para a elaboração dos 103 itens.

O fato das informações dos vetores de quantidade (as distâncias) serem endógenos (obtidos na própria base de dados) faz com que a inexistência/indisponibilidade de informações tenha um impacto ainda maior no cálculo

dos índices. Logo, o problema da falta de informações poderia ser tratado a partir da adoção de informações exógenas para a ponderação. Para tal é preciso a estimação de uma matriz origem-destino para o transporte de soja. A matriz origem-destino que se tem conhecimento data de 1997 (Geipot, 1997), estando, portanto, um pouco defasada. Além do que, é uma matriz bastante sucinta, com um número reduzido de rotas. É apresentada, então, no próximo item, uma metodologia de construção de uma nova matriz origem-destino. Com suas informações, será possível amenizar a carência de dados para o cálculo dos índices. Esse é o resultado esperado a partir da criação de um terceiro tratamento.

5.2.3 Tratamento 3

Até o momento, a informação de ponderação dos preços (a quantidade) foi considerada endógena ao sistema de levantamento das informações para construção dos índices. Em outras palavras, as quantidades foram tomadas juntamente com os preços, e eram representadas pela distância (quantidade de quilômetros) de cada uma das rotas. Essa concepção pode apresentar a grande vantagem de permitir o cálculo de fórmulas que exigem as ponderações nos períodos referenciais (q^t ou w^t). Entretanto, fica-se sujeito às limitações da amostragem que, para o caso do levantamento dos preços do frete rodoviário, é um processo bastante complexo.

Dadas as dimensões e características do setor de transporte de granéis agrícolas, a obtenção de uma informação representativa e constantemente atualizada de quantidade (seja a distância das diversas viagens ou o peso transportado nas mesmas) é pouco provável. E assim o é para a maioria dos índices, sejam eles de transporte ou de preços em geral. Tanto que o índice de Laspeyres (que não exige o conhecimento da quantidade no período de cálculo, q^t) acaba sendo o mais utilizado na prática, como concluído no final do capítulo 4.

No caso dos índices de custo de vida, a ponderação é obtida pelas pesquisas de orçamentos familiares (POFs). Nessas, são levantadas as quantidades médias dos diversos produtos e serviços consumidos por famílias representativas de determinados

níveis de renda. Para o caso de índices de preço de frete, a informação que seria interessante corresponderia à da quantidade de carga movimentada nas rotas relevantes. Esse dado pode ser obtido por matrizes de origem e destino. As matrizes, porém, também não são triviais de serem obtidas. Assim, provavelmente deverá fazer parte de um processo de elaboração de índices de frete (como uma exigência), a construção e revisão periódica de matrizes origem-destino para os produtos transportados.

É importante, ainda, ressaltar que a disponibilidade de informações exógenas para ponderação dos preços dos fretes pode relaxar algumas exigências sobre o processo de amostragem, o que contribuirá na resolução de certas limitações mencionadas anteriormente, inclusive no que se refere à disponibilidade de informações para a realização dos cálculos, principal limitação do tratamento 2.

Os principais dados necessários para a construção de uma matriz origem-destino referem-se às quantidades e respectivos locais de oferta dos produtos (origens), bem como às quantidades e locais de demanda (destinos) dos mesmos.

Para os produtos agrícolas, as informações de oferta podem ser consideradas como as quantidades produzidas nos diversos municípios. Com as informações da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sobre a produção municipal de soja na safra 2000/200, obteve-se as quantidades ofertadas regionalmente.

A quantidade produzida de soja na referida safra foi de 37.835,87 mil toneladas. Dos 5.543 municípios brasileiros existentes em 2001, 1.507 (27,2% deles) tiveram alguma produção do grão. Porém, a produção da oleaginosa é concentrada em algumas regiões. Os 27 maiores municípios produziram o equivalente a 30% da produção total. Em seguida, os próximos 106 maiores produtores foram responsáveis por mais 30% da produção. Agregando-se mais 180 municípios, tem-se as 313 localidades que produziram 80% da soja brasileira. Esses três estratos de municípios foram selecionados para a construção da matriz origem-destino.

Pelo lado da demanda, destacam-se dois grupos de destinos: os portos que destinam o grão ao mercado internacional; e as regiões nas quais estão concentrados os processadores que transformam o grão em óleo e farelo.

Com as informações da Secretaria de Comércio Exterior (Secex) pode-se conhecer os portos e as respectivas quantidades exportadas pelos mesmos. Essa informação é apresentada na Tabela 21.

Tabela 21. Exportações de soja em grão pelos portos brasileiros (2001).

Porto	Quantidade (mil t)	Participação (%)
Paranaguá	4.890,47	31,2
Santos	4.589,36	29,3
Rio Grande	2.737,46	17,5
Itacoatiara	1.127,04	7,2
Vitória	742,79	4,7
São Francisco do Sul	721,17	4,6
São Luís	625,34	4,0
Corumbá	89,86	0,6
Ilhéus	67,39	0,4
Cáceres	64,84	0,4
Outros	19,85	0,1
Total	15.675,54	100,0

Fontes: FNP Consultoria & Comércio (2003) e Brasil (2003)

A capacidade de processamento das indústrias localizadas no Brasil, por sua vez, é divulgada pela Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (Abiove).

Tabela 22. Capacidade de processamento da indústria de soja no Brasil, por estado.

Estado	Capacidade de processamento	
	(t/dia)	(%)
Paraná	31.500	29,2
Rio Grande do Sul	19.000	17,6
São Paulo	14.700	13,6
Mato Grosso	10.820	10,0
Goiás	8.660	8,0
Mato Grosso do Sul	7.330	6,8
Minas Gerais	5.750	5,3
Bahia	5.200	4,8
Santa Catarina	4.130	3,8
Pernambuco	400	0,4
Piauí	260	0,2
Ceará	200	0,2
Total	10.7950	100,0

Fonte: Abiove (2003)

A informação da capacidade de processamento de cada estado pode ser por demais ampla para uma adequada representação dos destinos, de modo que se deve proceder com sua desagregação. Utilizando-se dados da própria Abiove, de 1997, revistos por pesquisadores e analistas do mercado da soja, foi possível definir, para cada estado de relevância no processamento do grão, quais as regiões de destino. A Tabela 23 traz essas informações.

Tabela 23. Capacidade de processamento da indústria de soja no Brasil, por região e estado (1997).

Estado	Município	Capacidade Processamento (t/dia)	% Estado	% Corrigido
Bahia	Luís Eduardo Magalhães/Barreiras	2.750	100	100
Total BA		2.750	100	100
Mato Grosso	Cuiabá	5.200	61	61
	Rondonópolis	3.350	39	39
Total MT		8.550	100	100
Mato Grosso do Sul	Dourados/Fátima do Sul/Ponta Porã	2.350	35	35
	Campo Grande	1.930	29	29
	Três Lagoas	1.250	19	19
	Bataguassú	1.200	18	18
Total MS		6.730	100	100
Goiás e DF	Catalão/Ipameri/Rio Pires	2.400	25	26
	Gama/Luziânia	2.000	21	22
	Jataí/Rio Verde	1.700	18	19
	Itumbiara	1.500	16	16
	São Simão	1.500	16	16
	Anápolis	550	6	0
Total GO/DF		9.650	100	100
São Paulo	Orlândia/Bebedouro/Guaíra	3.850	33	42
	Oswaldo Cruz/Rancharia	1.950	17	21
	Mairinque	1.900	17	21
	Ourinhos	1.500	13	16
	Santo Inácio	600	5	0
	Osasco	500	4	0
	São Joaquim Barra	450	4	0
	Monte Alto	400	3	0
	Campinas	360	3	0
Total SP		11.510	100	100
Minas Gerais	Uberlândia	5.400	100	100
Total MG		5.400	100	100
Paraná	Ponta Grossa	7.600	27	28
	Maringá	5.250	19	19
	Cambé/Londrina	4.000	14	15
	Céu Azul/Toledo/Cascavel/Mal Cândido Rondon	2.900	10	11
	Paranaguá	2.200	8	8
	Araucária	1.500	5	5
	Clevelândia	1.500	5	5

Tabela 23. Capacidade de processamento da indústria de soja no Brasil, por região e estado (1997).

Estado	Município	Capacidade Processamento (t/dia)	% Estado	% Corrigido
	Guarapuava	1.300	5	5
	Campo Mourão	1.100	4	4
	Dois Vizinhos	460	2	0
Total PR		27.810	100	100
Santa Catarina	São Francisco do Sul	1.600	30	37
	Joaçaba	1.520	29	35
	Chapecó/Maravilha	1.230	23	28
	Gaspar	750	14	0
	Guaramirim	155	3	0
Total SC		5.255	100	100
Rio Grande do Sul	Rio Grande	7.500	30	34
	Estrela/Encantado/Sta Cruz	4.350	17	20
	Canoas	4.000	16	18
	Passo Fundo/Marau	3.050	12	14
	Esteio	2.100	8	10
	Cruz Alta/Ijuí	1.100	4	5
	Giruá/Guarani das Missões	1.080	4	0
	São Luiz Gonzaga	1.000	4	0
	Três Passos	700	3	0
Total RS		24.880	100	100

Fonte: Baseado nos dados da Abiove (2003) e ajustado por agentes do setor.

Com essas informações pode-se estimar o destino final da produção. Da quantidade total produzida subtraem-se as exportações de modo a obter a quantidade processada. Essa é distribuída segundo a capacidade de processamento de cada estado. O resultado consta na Tabela 24.

Tabela 24. Estimativa do destino da produção de soja no Brasil.

Destinos		Participação (%)
Portos	Paranaguá	12,9
	Santos	12,1
	Rio Grande	7,2
	Porto Velho (Itacoatiara)	3,0
	Vitória	2,0
	São Francisco	1,9
	São Luis	1,7
	Outros portos	0,6

Tabela 24. Estimativa do destino da produção de soja no Brasil.

Destinos		Participação (%)
Processadores	Paraná	17,1
	Rio Grande do Sul	10,3
	São Paulo	8,0
	Mato Grosso	5,9
	Goiás	4,7
	Mato Grosso do Sul	4,0
	Minas Gerais	3,1
	Bahia	2,8
	Outros Estados	2,7
Total		100,0

Fonte: Estimativas baseadas nas participações das Tabelas 21 e 22, e na quantidade total produzida e exportada na safra 2000/2001.

A matriz então é construída tendo-se (nas linhas) os 313 municípios e (nas colunas) os 17 grandes destinos da produção. A modelagem matemática que fundamenta a construção da matriz consta no Anexo E.

Essa é a metodologia que se propõe para a elaboração da matriz origem-destino. O que há de subjetivo no contexto é a definição de quais destinos (*i* e *j*) são viáveis para cada uma das origens (*r*).

A solução pode estar baseada em dois fundamentos: (i) no conhecimento prático e *a priori* dos canais de escoamento da produção; e (ii) das informações da própria base de dados de fretes que se tem disponível.

No primeiro caso, foram consultadas a matriz origem-destino, elaborada pelo Geipot (1997) e a dissertação de Mafioletti (2001). O segundo caminho foi baseado em consulta às 10.794 informações básicas do Sifreca, que contemplam, aproximadamente, 1.800 combinações distintas de origem e destino, fornecendo uma amostra bastante razoável da movimentação de soja no Brasil.

A montagem da matriz foi realizada no *software* Excel, de modo que as restrições de ponderação estipuladas pela modelagem acima fossem obedecidas, permitindo o correto balanceamento da matriz.

A matriz foi elaborada seguindo algumas etapas que são descritas a seguir. A seleção dos municípios e regiões produtoras obedeceu a um critério de estratificação pela quantidade produzida.

Utilizando-se o sistema eletrônico de elaboração de cartogramas do SIDRA/IBGE, que permite a construção de mapas com legendas a serem definidas pelo usuário, plotou-se - para os 13 Estados produtores de soja - a estratificação dos municípios, considerando, no primeiro estrato, aqueles que respondiam por 30% da produção nacional, que - segundo a PAM – tiveram produção superior a 210 mil toneladas. No segundo estrato têm-se os municípios que respondem por mais 30% da produção, ao apresentar uma quantidade entre 68,32 mil e 209 mil toneladas de soja. O terceiro estrato, por sua vez, contempla os próximos municípios que responderam por mais 20% da produção, com uma quantidade entre 30,1 mil e 68,31 mil toneladas. Com essa estratificação, obteve-se amostras de 27, 106 e 180 municípios em cada estrato, respectivamente. Para uma ilustração sucinta das regiões produtores, apresenta-se o mapa do Brasil com as regiões delimitadas (APÊNDICE 5). Os três estratos são identificados por tonalidades distintas de coloração, de uma mais escura (primeiro estrato) e uma mais clara (terceiro estrato).

Na primeira etapa de construção das matrizes, trabalhou-se com os 313 municípios separadamente. Esses são responsáveis por 80% da produção de soja. Foram considerados 15 destinos, sendo que, dos 17 destinos originais, os outros portos e outros Estados foram redistribuídos para os demais. Gerou-se uma matriz de dimensão 313 x 17.

A segunda etapa consiste no primeiro esforço de estratificação, quando foram considerados apenas os 27 maiores municípios produtores (responsáveis por 30% da produção) como origens; esses passam a ser considerados como primeiro estrato. Em relação aos destinos, continuou-se com os mesmos 15. Foi gerada uma matriz 27 x 15.

A terceira etapa foi caracterizada pela consideração dos municípios do segundo extrato, ou seja, contemplando os próximos 106 municípios (responsáveis por mais 30% da produção). Esses que foram agregados em outras 27 origens. Gerou-se uma outra matriz 27 x 15.

A quarta etapa considerou os próximos 180 municípios (responsáveis por mais 20% da produção), que foram agregados em 34 origens, gerando-se uma outra matriz 34 x 15.

A quinta etapa prossegue com um avanço no que se refere à desagregação dos destinos em algumas regiões caracterizadas por um ou mais municípios nos quais estão estabelecidas as fábricas de esmagamento de soja. Tais regiões foram apresentadas na Tabela 23. Portanto, passaram a ser considerados 30 destinos[67]. Além disso, os três estratos são colocados conjuntamente, de modo a se considerar as regiões que produzem 80% da soja. As origens dos estratos que eram, respectivamente, em número de 27, 27 e 34, são revistas e algumas realocadas, resultando em 71 origens. No cômputo geral, tem-se uma matriz de 74 x 30.

Os passos para a construção da matriz origem-destino podem ser vistos na Tabela 25.

Tabela 25. Etapas para a construção da matriz origem-destino.

Etapas de construção da matriz	Número de municípios da amostra	Número de origens (municípios ou seus agregados)	Porcentagem da produção de soja (%)	Número de destinos
1ª	313	313	80	15
2ª	27	27	30	15
3ª	106	27	30	15
4ª	180	34	20	15
5ª	313	71	80	30

Fonte: Elaboração pelo autor com dados básicos do IBGE (2002), Secex (2003) e Abiove (2003).

De posse da matriz origem-destino, tem-se os pesos de cada uma das rotas, que podem assim ser representados:

[67] As ponderações do processamento em Paranaguá e Santos são incorporadas junto aos portos. Os processadores de Santa Catarina continuam não sendo considerados, devido à sua pequena participação de menos de 4% do total, conforme Tabela 23.

$$w_{ri} = \frac{q_{ri}}{Q} \quad \text{e} \quad w_{rj} = \frac{q_{rj}}{Q} \quad \text{ou, mais genericamente:} \tag{52}$$

$$w_{rd} = \frac{q_{rd}}{Q} \tag{53}$$

sendo w_{rd} a participação da produção da origem r no abastecimento do destino d. Dependendo do nível de agregação que se deseja, r pode representar a produção de um município, de uma micro, meso ou macro região; ou mesmo a produção de um estado. Da mesma maneira, o destino d pode ser um fábrica, uma cidade, uma região, um porto, um estado etc.

Esses pesos podem ser utilizados na elaboração dos índices de preço, como fatores de ponderação desses últimos. Com essas informações, desenvolveu-se um terceiro tratamento para cálculo de índices de frete.

O tratamento 3 avança no sentido de considerar as quantidades (fatores de ponderação) exógenos. Além disso, agrega as informações básicas segundo critérios geográficos baseados em dados estatísticos de outras fontes, que não apenas a base de dados de preço de fretes praticados.

A matriz origem-destino considerada contemplou 38 origens sendo, basicamente, a agregação, dos municípios do segundo e terceiro estratos, aos do primeiro (como procedido com as origens na quarta etapa da construção da matriz). Os municípios são agregados segundo, basicamente, três fatores: (i) a proximidade geográfica, privilegiando-se municípios em um raio máximo de 100 km; o (ii) o acesso a vias (estradas) de escoamento; e (iii) o próprio volume de produção (municípios com grande produção podem ser considerados isoladamente dos seus adjacentes). Esse foi o critério empírico adotado para a agregação e deve estar sempre sujeito a revisões. O nome da região foi designado em função de algum de seus municípios mais representativos e conhecidos. Com essas 38 origens, têm-se praticamente todas as regiões produtoras de soja do Brasil.

Em relação aos destinos, para título de exercício nesse tratamento 3, considerou-se apenas o nível de agregação estadual mais os principais portos, resultando em 15 destinos já apresentados. Com isso tem-se uma matriz 38 x 15[68]. No Anexo F é apresentada a matriz origem-destino elaborada para o tratamento 3. No Anexo G, por sua vez, consta uma descrição das 38 origens. Os destinos são auto-explicáveis.

A definição do objetivo do índice neste terceiro tratamento continua sendo a mesma, com o detalhe de que as regiões de origem e destino agora são definidas sob um critério mais formal de seleção, baseando-se em estatísticas de produção e consumo locais. Portanto, o processo de agregação continua objetivando uma maior visibilidade ao índice, ao apresentar os sub-índices calculados para cada item.

Os determinantes da função agregação (tópico 3) passam a ser os principais grupos de rotas obtidos pela matriz origem-destino. A distância não mais atua, explicitamente, como parâmetro de agregação. O índice continua sendo formado por dois níveis de agregação (I e II).

O modelo econômico também é o mesmo utilizado nos demais tratamentos, caracterizado pelo problema de maximização do produto de transporte por parte de transportadores. No entanto, agora há a hipótese adicional de que as quantidades não são mais determinadas endogenamente, mas sim fornecidas pela matriz origem-destino, criada para esse propósito. Assim, apenas os preços passam a ser a solução do problema, e as quantidades se comportam como parâmetros.

Com essa forma de agregação, obteve-se 184 itens para a sua composição.

Matematicamente:

$$p_j = \overline{p}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i}{n}, \text{ com } j = 1, ..., 184 \qquad (54)$$

[68] Obviamente que muitas células da matriz são nulas, uma vez que há combinações de origem e destino bem específicas, conforme já mencionado.

sendo, p_i a informação do preço (R$/t.km) da base de dados do Sifreca para cada uma das n rotas em um determinado mês; p_j é a média aritmética dos preços por combinações de origens e destinos, agregadas conforme metodologia apresentada.

No Nível II aplica-se a função agregação representativa do modelo econômico. Portanto, a cada item estão associados um preço médio de frete (p_j) e um fator representativo da quantidade, fornecido pela matriz origem-destino.

Esquematicamente, o tratamento 3 é representado na Figura 12.

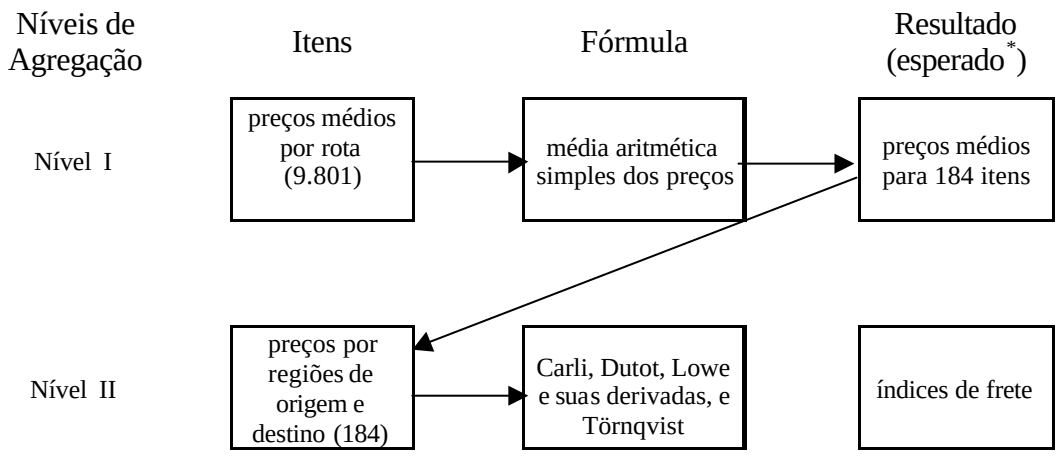


Figura 12 - Esquema para a elaboração dos índices no tratamento 3.

* Nem sempre haverá informações suficientes para a elaboração dos 184 itens.

A inexistência de informações completas permanece como um entrave relevante ao cálculo dos índices no tratamento 3. Essa descontinuidade poderia ser eliminada com a utilização de um modelo funcional que permitisse a obtenção de uma curva (um nível) contínua para os distintos fatores que interferem no preço (distância, origem, destino etc.). A relação do preço com esses fatores pode permitir a estimação econométrica de equações que podem a representar esses níveis (curvas) nos momentos ao longo do tempo. A medição da variação entre essas curvas pode originar os índices almejados.

Esse esforço é realizado no quarto e último tratamento proposto, que procura representar uma evolução na metodologia utilizada.

5.2.4 Tratamento 4

O quarto e último tratamento procura amenizar o problema da falta de informações. Para tanto, é utilizado um modelo funcional contínuo, capaz de permitir a padronização de alguns determinantes do preço, como a distância, a origem e o destino, por exemplo.

A flexibilidade que um processo amostral deve ter é fundamental. A obrigatoriedade de que todas as rotas sejam levantadas em todos os períodos (como no caso dos tratamentos 2 e 3) é uma exigência bastante forte, ainda mais quando se consideram as dimensões e características do mercado em questão.

Sob o enfoque estatístico, uma amostragem adequada - mesmo sem a necessidade de contemplar todas as rotas em todos os períodos - deve ser capaz de possibilitar o cálculo da variação geral dos níveis de preço, sem que esses sejam significativamente influenciados por alterações em variáveis outras que, na realidade, gerariam uma alteração no produto de transporte e não exatamente, e exclusivamente, no nível de preços, como se deseja.

Observa-se que se está considerando, de modo integrado, os enfoques estatístico e econômico da elaboração dos índices de preço. Sob esse segundo enfoque, a premissa seria exatamente a de que apenas a variação no preço do transporte fosse mensurada, e não no seu produto. Isso pode ser obtido com a padronização de determinantes do preço, como a distância. Ter-se-ia a solução de um problema de maximização de lucro para um mesmo nível de produção.

Analogamente aos índices de custo de vida (índices ao consumidor), o que se busca é a mensuração do aumento no custo (nos preços) sem que a utilidade seja alterada, ou seja, procura-se a resposta para a pergunta: qual o aumento ocorrido no custo de vida para manter a mesma utilidade anterior?

A metodologia que se imagina para os índices de frete constaria na elaboração de índices medidores de deslocamento de funções e não de preços pontuais. Mais uma vez, a analogia com os índices ao consumidor é evidente: busca-se a variação no nível geral dos preços. Essas funções, que, no caso, têm a distância como a principal variável explicativa, são estimadas com o conjunto de informações disponíveis, obtidas pela amostragem.

Com os resultados disponíveis até o momento, pode-se concluir que os destinos da produção – e, eventualmente, as origens – também poderiam ser atributos adequados para separar as funções, que seriam do tipo "log-log" do preço determinado pela distância. Modelos econométricos são, então, utilizados para estimá-las a partir de observações da amostra, gerando coeficientes para a elaboração de curvas cujo deslocamento constituirá na composição dos índices.

Cada período no tempo seria representado por uma função do tipo:

$$\ln p = a - b.\ln(d) \tag{55}$$

na qual o logaritmo do preço (*p*) é uma função do logaritmo da distância (*d*), com um coeficiente linear *a* e um coeficiente angular *b*.

Com esses modelos, especificados individualmente para cada período de tempo, pode-se prever os preços para níveis de distâncias pré-determinados. Tais preços, com suas respectivas ponderações, formariam os itens da função de agregação.

No modelo proposto, a ponderação pode ser realizada por informações originadas de matrizes origem-destino atualizadas, preferencialmente, todo ano. Essa periodicidade é justificada pela mobilidade dos fatores de produção que acompanham o ciclo da atividade agrícola. A atualização anual possibilita o ajuste diante da participação de novas regiões produtoras e/ou demandantes, como novas fábricas, por exemplo.

Diante do contato e envolvimento dos elaboradores dos índices com agentes do setor (durante os trabalhos de levantamento dos preços), haverá significativo acúmulo de experiência de forma que, com o passar do tempo, certamente levará a ajustes cada vez

mais precisos nas matrizes origem-destino, conferindo maior representatividade ao seu conteúdo e, conseqüentemente, aos índices obtidos.

A recomendação pela utilização de matrizes é baseada na idéia de que as exigências para um processo adequado de levantamento das quantidades, juntamente com os preços, são tamanhas que podem tornar-se inviáveis operacionalmente, dadas as limitações intrínsecas aos levantamentos estatísticos. Além disso, as características do transporte rodoviário (pulverizado, sazonal, itinerário etc.) dificultarão a captação das quantidades conjuntamente aos preços. De qualquer modo, a captação das informações para ponderação (distância e/ou quantidade) juntamente com o preço é um procedimento que certamente contribuiria para a elaboração dos índices, reforçando o papel do enfoque econômico ao considerar os agentes definidores não apenas de preços, mas também – e de modo simultâneo – as quantidades, sendo ambos, estritamente dependentes um do outro (critério funcional).

A estimativa de curvas, cujos deslocamentos caracterizarão os índices, pode ser adequada para o processo de agregação e cálculo dos índices; porém, pode não o ser para o cálculo dos sub-índices. Esse é um aspecto importante que não deve gerar confusão.

Como será demonstrado, a distância - e as regiões de origem e destino - explicam parte da formação do frete. Há, portanto, um espaço significativo para que outros fatores atuem. Desse modo, os modelos serão sempre aproximações estatísticas e não uma definição exata para o preço do frete de uma distância específica. Com isso, os modelos, ao preverem os preços, provavelmente originarão números aproximados, mas não iguais à média real para uma determinada rota.

A maior contribuição desse modelo pode estar relacionada à determinação de um nível geral de preços e não de um nível em específico. Em conseqüência disso, sugere-se que as rotas mais representativas sejam sempre levantadas em todos os períodos, nem que, para tanto, deva-se insistir na obtenção da informação. Uma rota, por exemplo, Campo Novo do Parecis (MT) - Londrina (PR), mesmo na entressafra, deverá apresentar alguma movimentação, cuja captação seria necessária para a manutenção da sua série temporal completa. Com esse procedimento, haverá algumas rotas cujos preços relativos

levantados - e não estimados pelo modelo econométrico - sempre poderão ser divulgados aos usuários potenciais. Mais uma vez, a matriz origem-destino é útil na definição dessas rotas.

Uma solução seria a estratificação das rotas segundo sua importância, da mesma maneira como se procedeu para a construção da matriz. Aquelas do primeiro estrato, cuja movimentação seria responsável por 30% do total da produção, seriam analisadas através de um número maior de observações, de modo a se manter as séries completas. As rotas do segundo estrato (responsáveis por mais 30% do escoamento) poderiam ser obrigatoriamente levantadas, por exemplo, nos meses de safra: de fevereiro a maio. Nos demais meses, não haveria a obrigatoriedade no seu levantamento. Finalmente, as demais rotas seriam levantadas livremente, sem a preocupação de sempre constarem na amostra, o que seria uma limitação ao processo.

Seguindo os oito tópicos para a construção do índice no tratamento 4, tem-se que o objetivo é a construção de um índice geral para representar a evolução do preço do frete da soja, mês a mês. O modelo econômico considera um transportador maximizador de lucro que visará a melhor combinação de preços, distâncias e rotas, capazes de lhe permitir o maior retorno pela prestação do serviço de transporte de soja. A função agregação, por conseguinte, é a do produto de transporte, composta por itens caracterizados por uma determinada rota representativa com distâncias fixas de 50, 150, ..., 2250 quilômetros. Essas distâncias são utilizadas nos modelos mensais determinantes dos preços para se prevê-los. São utilizados os modelos que estão documentados no Anexo A.

Como nos demais tratamentos, foram utilizados apenas dois níveis de agregação. O primeiro nível é caracterizado pela agregação das rotas em faixas de distância de 100 km, cuja distância média será utilizada na previsão dos preços. O segundo nível contempla a agregação dos preços previstos, ponderados pelas peso de cada uma das faixas de distância que os originou.

Os índices são calculados com base no período imediatamente anterior, de modo a se obter o acompanhamento mensal da sua evolução. Em relação às fórmulas de

cálculo, são utilizadas algumas tradicionais, como a de Lowe (e suas derivadas), e as de Törnqvist, Theil e Vartia.

No que diz respeito à amostragem, utilizaram-se os dados do Sifreca para as informações de preço. Para as ponderações, representativas das quantidades, seguem-se dois caminhos: os dados da matriz-origem destino elaborada e a própria distribuição das distâncias na base de dados do Sifreca. As ponderações foram estipuladas para faixas de distância de 100 km. A utilização dessas duas fontes de informações de ponderação contribui para enriquecer a análise.

Finalmente, em relação à avaliação dos resultados a serem obtidos, os índices devem ser comparados com as demais séries disponíveis, obtidas dos outros três tratamentos, bem como com as rotas específicas reais, obtidas da base de dados disponível.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise do comportamento do preço do frete

A relação funcional entre preço e distância foi mencionada em diversas ocasiões até o momento. Corrêa Junior (2001), utilizando igualmente os dados do Sifreca, mostrou que há uma forte relação entre o preço do frete em Reais por tonelada (R$/t), com a distância (km) do frete. Essa relação é positiva, linear, com coeficientes altamente significativos e com elevado coeficiente de determinação.

À medida que aumenta a distância do transporte, o preço total cobrado, para todo o percurso por unidade de peso (R$/t) é elevado. Contudo, o preço cobrado por quilômetro viajado (R$/t.km) deve reduzir-se. Ao que tudo indica, a razão para esse comportamento é o ganho de escala obtido pela diluição do custo fixo. Além disso, é esperado que esse ganho de escala seja negativamente relacionado com a distância, e a taxas decrescentes, o que resultaria em uma relação do tipo logarítmica. Esse é o preço (R$/t.km) de interesse desta pesquisa, uma vez que, ao ser multiplicado pela quantidade de quilômetros (distância) resulta no produto de transporte (em R$/t) conforme especificações da modelagem.

Portanto, a diferença para a análise de Corrêa Junior (2001) consiste no fato de que agora se está analisando o preço do frete em uma unidade distinta: em R$/t.km e não mais em R$/t.

Para que essa relação entre o preço por quilômetro e a distância envolvida seja avaliada, foram estimados três modelos econométricos: (i) tendo o preço (em R$/t.km) como função linear da distância; (ii) o preço (R$/t.km) como função logarítmica da distância; e (iii) o logaritmo do preço (R$/t.km) como função logarítmica da distância

(modelo "log-log"). Para tanto, elegeu-se as observações referentes a um determinado mês da amostra[69] (no caso, agosto de 1999), para se evitar o problema de variação dos preços nominais ao longo do tempo. Com essa base de dados (em *cross section*) as funções foram ajustadas com regressões econométricas.

Os três modelos apresentaram coeficientes estimados com adequados níveis de significância. Os resultados encontram-se na Tabela 26.

Tabela 26. Resultados dos modelos econométricos estimados do preço em função da distância (agosto de 1999).

Estatísticas		Modelos		
		$p = a + bd$	$p = a + b \ln d$	$\ln p = a + b \ln d$
R^2 (%)		36,63	64,05	69,55
R^2 ajustado* (%)				68,44
Erro padrão		0,0096	0,0072	0,1203
Observações		181	181	181
F		103,4775	318,8792	408,9175
Interseção	Coeficiente	0,0560	0,1091	-1,9068
	Erro padrão	0,0011	0,0035	0,0584
	Estatística t	50,78	31,20	-32,63
	Valor p	0,0000	0,0000	0,0000
Variável	Coeficiente	-1,20E-05	-0,0100	-0,1893
	Erro padrão	1,19E-06	0,0006	0,0094
	Estatística t	-10,17	-17,86	-20,22
	Valor p	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Sifreca (2002); modelos estimados pelo autor com o *software* RATS.

* O coeficiente de determinação (R^2) para regressões de modelos cuja variável dependente encontra-se em uma forma distinta (no caso, logarítmica) dos demais modelos que se deseja comparar, deve ser ajustado para permitir essa comparação. O procedimento de ajuste está descrito, por exemplo, em Greene (1993, p.154).

O modelo logarítmico ($p = a + b \ln d$) apresentou um coeficiente de determinação (R^2) igual a 64%, enquanto o modelo linear ($p = a + bd$) apresentou um coeficiente igual a 36%. O modelo com o melhor ajuste foi o do tipo "log-log" ($\ln p = a + b \ln d$), com um coeficiente de determinação ajustado igual a 68%. Em todas

[69] A título de ilustração, são apresentados os resultados para um mês específico. No entanto, deve-se ressaltar que essa análise econométrica foi realizada para diversos outros meses e, inclusive, para o conjunto total de dados da amostra. Os resultados são condizentes com o exemplo apresentado.

regressões, os coeficientes apresentaram elevado nível de significância. Segundo Greene (1993), coeficientes de determinação ao redor de 50% podem ser considerados bastante satisfatórios para dados em *cross section*, como no caso.

A Figura 13 ilustra o gráfico do preço (R$/t.km) em função da distância, com as observações da amostra para o mês de agosto de 1999 e as equações linear e do tipo "log-log" estimadas com esses dados.

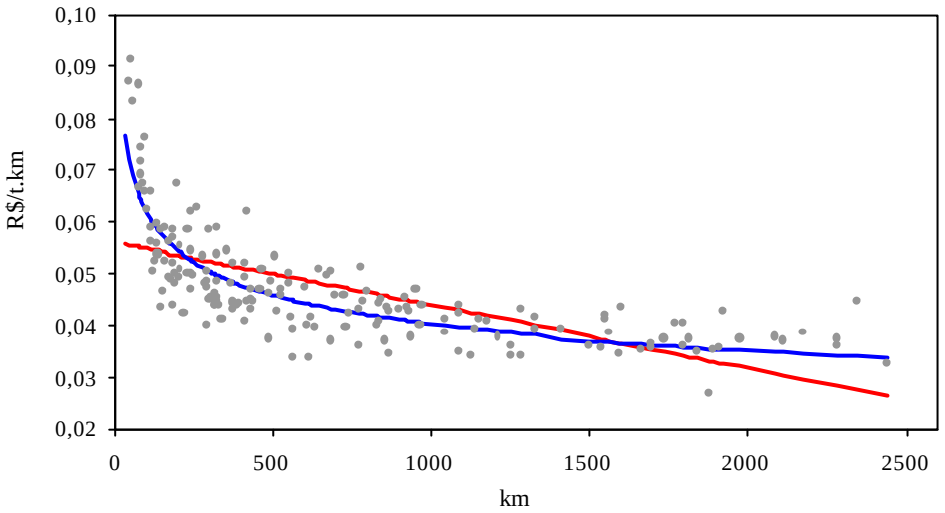


Figura 13 – Ajuste do modelo econométrico com o preço em função linear da distância (curva vermelha), e com o logaritmo do preço em função do logaritmo da distância ("log-log") (curva azul), agosto de 1999.

Fonte: Sifreca (2002); estimativa e elaboração pelo autor.

No Anexo A são apresentadas as figuras com a representação das observações da amostra e das equações estimadas, mês a mês, para o modelo "log-log". De um modo geral, os demais meses seguem a mesma tendência, no entanto apresentando coeficientes de determinação distintos, que se situaram entre 26% (janeiro de 1998) e 75% (setembro de 1998).

Analisando-se esses ajustes mensais, procura-se concluir se, conforme o mês, seus modelos apresentam coeficientes de determinação superiores ou inferiores. Na

Figura 14 A é ilustrado o comportamento desses coeficientes ao longo do tempo; na Figura 14 B apresentam-se suas médias, conforme o mês.

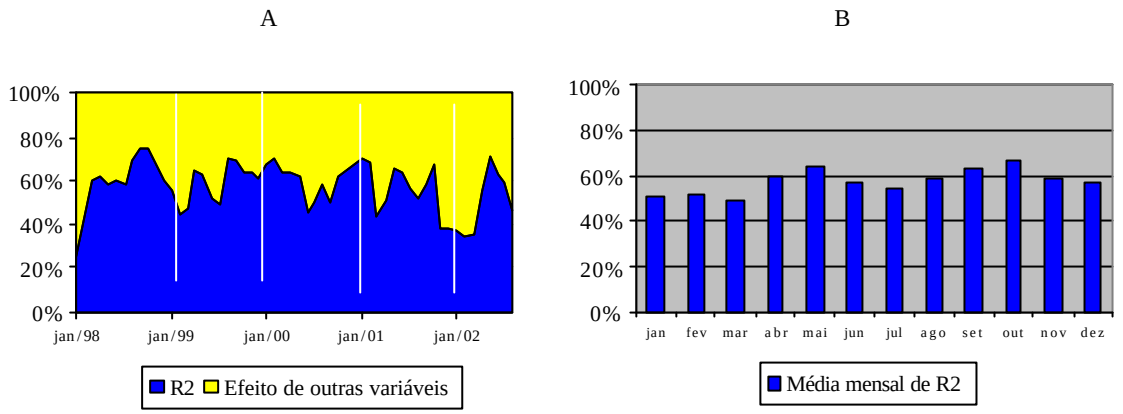


Figura 14 – Comportamento do coeficiente de determinação (R^2) das regressões sobre os logaritmos dos preços mensais do frete como função logarítmica da distância

A visualização das figuras do Anexo A, bem como da Figura 14, pode sugerir, à primeira vista, que nos meses de maior movimentação de soja (no período de safra: fevereiro, março, abril), os coeficientes R^2 parecem ser menores. São apenas indícios. A disponibilidade de uma série mais longa poderia permitir uma melhor avaliação estatística dessa informação.

De qualquer modo, se essa constatação for verdadeira, significa que em períodos de alta demanda por frete, outras variáveis ganham espaço na determinação do preço do frete, diminuindo a influência da distância. Assumindo-se, ainda, que os custos do transporte guardem relação direta com a distância - como se procurou mostrar na revisão de literatura - poder-se-ia imaginar que nesses períodos, o custo do transporte perde espaço (na expressão 6) para as forças de demanda pelo serviço, no processo de determinação do preço do frete. Essa conclusão é compatível com o modelo de formação do preço do frete utilizado nesta pesquisa.

Mais além, outra importante informação por trás da variabilidade dos coeficientes de determinação é a de que há outros fatores - que não apenas a distância e

as forças de demanda e oferta pelo produto - na determinação do preço do frete. São exemplos, as políticas cambiais (janeiro, fevereiro e março de 1999) com influência sobre os preços das *commodities* para exportação (como no caso da soja) e o aumento atípico na demanda (março e abril de 2001) para o transporte de produtos que competem por veículos (grande safra de milho). Ambos acontecimentos aumentam a participação de variáveis não controláveis na determinação do frete.

Essas evidências indicam que, apesar da distância ser, de fato, uma importante variável na formação do frete, há outras que não podem ser desconsideradas dependendo do contexto.

6.2 Índices resultantes do estudo de caso

6.2.1 Tratamento 1

O tratamento 1 partiu da hipótese de que os fretes, sendo função das suas distâncias, podem ser agregados segundo as mesmas. Independentemente das regiões de origem e destino, os fretes apresentariam o mesmo comportamento de preço desde que estivessem em uma mesma amplitude (faixa) de distância. Arbitrariamente, elegeram-se faixas de 100 quilômetros de distância. Considerando-se fretes com até 2.300 km, obteve-se 23 grupos. Esses são os itens do índice a ser gerado.

A vantagem sob essa hipótese é basicamente a de que há uma menor exigência de informações para a elaboração dos índices, uma vez que se torna tarefa relativamente fácil obter-se, para efeito de permitir o cálculo matemático, informações para cada um dos 23 itens, para cada um dos meses, via um processo relativamente simples de amostragem. Obviamente que a qualidade estatística da amostra pode ser questionada, sendo esse, contudo, outro assunto.

A carência de informações, além do principal problema de representação estatística, no caso da construção de índices de preço pode inviabilizar a utilização de diversas fórmulas, o que acaba exigindo ajustes artificiais, como interpolações, extrapolações, eliminações, dentre outros métodos.

Para a obtenção da série completa para os 23 itens, do tratamento 1, foram necessários alguns ajustes pontuais. Os índices são calculados mensalmente de fevereiro de 1998 a março de 2002, portanto são necessários 49 meses[70] de amostra, perfazendo 9.801 informações básicas. Uma vez que são 23 itens por mês, são 1.127 informações de preço (e suas respectivas 1.127 informações correspondentes de quantidade). Dessa totalidade, 41 informações tiveram de ser extrapoladas[71] de meses antecedentes ou posteriores. Dessa maneira, 3,6% das informações do modelo são artificiais, devendo ficar registrada essa limitação. No Anexo B são listados os itens que tiveram de ser criados. Consta, ainda, uma figura com a participação das faixas de distância mais deficitárias. Tem-se que as faixas de 1.301 a 1.400 km; de 1.901 a 2.000 km; de 2.101 a 2.200 km; e de 1.701 a 1.800 km são as mais problemáticas.

Os índices mensais de frete resultantes do tratamento 1 foram calculados por meio das suas respectivas fórmulas, com bases encadeadas, sendo seu resumo ilustrado na Tabela 27. As demais características (amostragem, base etc.) são mantidas constantes. Na Figura 15 os índices são plotados permitindo melhor visualização.

Tabela 27. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 1: separados segundo a fórmula de cálculo; bases encadeadas.

Índice	Acumulado
Carli	2,1712
Dutot	1,8202
Lowe	1,8062
Palgrave	2,5313
Laspeyres	1,5788
Paasche	1,9620
Fisher	1,7600
Jevons	1,8222

[70] Para efeito de cálculo dos índices utiliza-se o período de quatro anos completos (48 meses) mais o mês de fevereiro de 1998, que dá início à série.

[71] A extrapolação seguiu o critério de considerar a última informação disponível, a precedente mais próxima. Para os primeiros meses da amostra, como fevereiro e março de 1998, a ausência de informações foi preenchida com as observações imediatamente disponíveis, portanto, a extrapolação – nesses casos – utilizou as informações posteriores.

Tabela 27. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 1: separados segundo a fórmula de cálculo; bases encadeadas.

Índice	Acumulado
Geométrico	1,3786
Walsh	1,7488
Coggeshal	1,5369
Logarítimo Paasche	2,2261
Harmônico Laspeyres	1,2041
Tornqvist	1,7519
Theil	1,7499
Vartia I	0,9747
Vartia II	1,7496

Fonte: Sifreca (2002); cálculos elaborados pelo autor

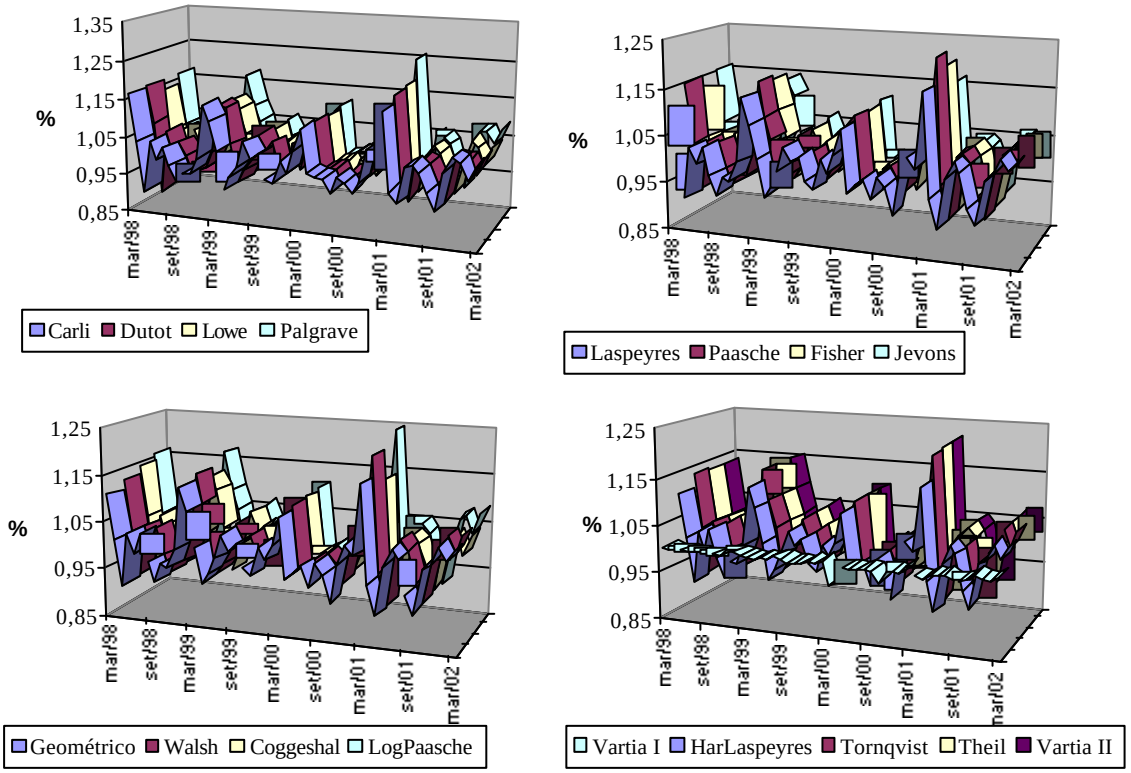


Figura 15 – Ilustração dos índices mensais calculados por meio de suas respectivas fórmulas.

Fonte: Adaptado da Tabela 27.

Observa-se que, de um modo geral, o comportamento dos índices ao longo do tempo é bastante semelhante, mesmo quando se utilizam fórmulas mais simples, inclusive as não ponderadas, como Carli, Dutot e Jevons. O único índice que se mostrou bastante destoante foi o de Vartia I.

As séries de índices mostram a existência de picos de preços em determinadas épocas do ano, especialmente na colheita da soja (fevereiro a abril). Por outro lado, meses de final de safra (maio) e de entressafra (outubro a dezembro) são caracterizados por reduções nos índices (valores menores que 1,00). Considerando-se o Índice de Fisher, no Anexo C, verifica-se que as maiores variações positivas ocorrem em março de 2001 (+20,92%) e março de 1999 (+15,55%). Já as maiores variações negativas foram identificadas nos meses de maio de 2001 (-8,72%) e maio de 1998 (-7,92%).

A semelhança do comportamento gráfico, bem como quando se analisam os valores mês-a-mês (Anexo C), não permite, no entanto, maiores inferências. As diferenças entre os índices podem ser melhores percebidas quando da sua acumulação, ou encadeamento; em outras palavras, quando da análise de uma série mais longa. Essa informação foi apresentada na Tabela 27, sendo reorganizada na Figura 16.

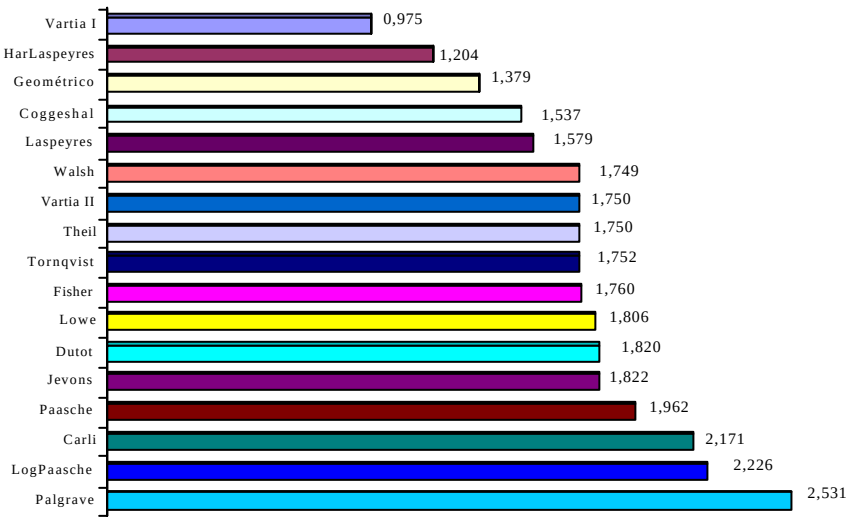


Figura 16 – Índices acumulados no período entre fevereiro de 1998 e março de 2002.
Fonte: Adaptado da Tabela 27.

Os índices acumulados apresentam resultados significativamente distintos, variando de um mínimo de 0,975 (Vartia I) para um máximo de 2,531 (Palgrave). Os índices de Walsh, Vartia II, Theil, Törnqvist e Fisher, por sua vez, apresentaram valores bastante próximos uns dos outros. Dentre esses últimos, o menor foi Walsh, com 1,749, e o maior foi Fisher com 1,760, o que resulta em uma diferença de 0,0111 ponto percentual, ou apenas 0,64%. Esses são os índices considerados ideais por Fisher (1927), por atenderem perfeitamente ou de modo bastante aproximado ao teste de reversão de fatores.

Os resultados são condizentes com a clássica sistematização de Fisher para os índices em relação e seus vieses: o "garfo de cinco pontas". O Índice de Palgrave apresenta o maior valor, seguido do Logaritmo Paasche. Por outro lado, os índices que apresentam os menores valores são o Harmônico Laspeyres e o Geométrico.

Um ponto, porém, na comparação dos índices, chama a atenção: o Índice de Laspeyres acumulado é inferior ao de Paasche. No caso de índices de custo de vida, que têm na sua concepção econômica o problema da minimização do custo do consumidor, Laspeyres apresenta forte tendência a ser maior que Paasche. No caso dos índices de frete em questão, o Índice de Paasche acumulado (1,962) foi superior ao de Laspeyres (1,579). Esse resultado está de acordo com o esperado, uma vez que a função agregação é a da maximização do produto de transporte visando ao maior lucro do transportador. Portanto, quando se pondera pelas quantidades no período referência (Paasche), o índice tende a apresentar um valor superior, uma vez que o aumento dos preços dos fretes apresenta relação direta com o aumento na quantidade praticada. No caso do consumidor ocorre exatamente o contrário: o aumento nos preços de determinado produto tende a desestimular seu consumo em detrimento de outros, reduzindo a quantidade consumida no período referencia.

É interessante que se comparem, ainda, as diferenças considerando um intervalo de tempo menor. Os resultados dos índices acumulados de janeiro a dezembro de cada um dos anos 1999, 2000 e 2001, bem como a variação entre os índices Laspeyres e Paasche, e a maior variação entre os índices ideais, são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28. Índices acumulados por ano (de janeiro a dezembro) e algumas comparações.

Índice	1999	2000	2001
Laspeyres	1,2081	1,0094	1,1632
Fisher	1,2494	1,0236	1,2281
Tornqvist	1,2495	1,0183	1,2286
Vartia II	1,2450	1,0244	1,2288
Theil	1,2448	1,0248	1,2288
Walsh	1,2428	1,0275	1,2291
Paasche	1,2921	1,0380	1,2966
Variação Laspeyres -Paasche	6,9%	2,8%	11,5%
Maior variação entre índices ideais	0,5%	0,9%	0,1%

Fonte: Sifreca (2002); cálculos elaborados pelo autor.

Esses índices listados na Tabela 28 são aqueles que têm recebido maior atenção pelos cientistas, bem como para fins de aplicação prática. São as fórmulas que geram o que se convencionou chamar índices ideais (Fisher, Törnqvist, Vartia II, Theil e Walsh); e os índices de Laspeyres e Paasche, que, apesar de suas restrições, apresentam propriedades relevantes no contexto teórico. Esses últimos acabaram ficando conhecidos como índices práticos. Laspeyres, em especial, é o índice mais utilizado na prática, devido à maior facilidade no atendimento às exigências de disponibilidade de informações.

A Tabela 28 ratifica que os índices acumulados nos três anos considerados seguem a mesma tendência quando se analisa um período mais longo. Os índices ideais originam valores bastante próximos, sendo que a maior variação entre eles não chegou a 1%, ocorrida em 2000 (entre Törnqvist e Walsh). Ademais, comprova-se que o índice de Laspeyres foi superior ao de Paasche nos três anos, sendo que a maior diferença foi de 11,5%, em 2001.

Outra informação que se agrega à análise é a das correlações entre as séries de índices. Os coeficientes de correlação são apresentados no Anexo D e ratificam a observação de que há uma adequada relação entre os índices. Excetuando-se o índice de Vartia I, que já foi identificado como bastante discrepante, todos os demais coeficientes

apresentaram valor superior a 0,94 e muitos apresentam, aproximadamente, perfeita correlação (1,00), quando arredondados para duas casas decimais. Esses últimos estão em destaque na tabela do Anexo D. Os índices que são mais bem correlacionados com os demais são: Paasche, Fisher, Walsh, Törnqvist, Theil e Vartia II. Esse resultado indica a aparente superioridade desses índices, ratificando o fato de que são os mais utilizados.

A questão da base também deve ser analisada. Todos os índices calculados até este ponto o foram no sistema de bases encadeadas: a base refere-se ao período imediatamente anterior. Porém, há de se avaliar se esse sistema seria adequado para atender ao objetivo de comparação dos preços de fretes em períodos não-subseqüentes.

Considerando-se a base fixa no mês de fevereiro de 1998, calcularam-se os índices eleitos, chegando-se ao resultado da Tabela 29.

Tabela 29. Índices acumulados em cadeia e com base fixa (em fevereiro de 1998).

Fórmula	Índice acumulado		Variação (%)	Viés em relação a Fisher (%)	
	Cadeia (A)	Fixa (B)	(B/A)	Cadeia	Fixa
HarLaspeyres	1,2041	1,7340	-44,0	-31,6	-2,7
Geométrico	1,3787	1,7507	-27,0	-21,7	-1,7
Walsh	1,7488	1,7850	2,1	-0,6	0,2
Vartia	1,7497	1,7830	1,9	-0,6	0,1
Theil	1,7499	1,7835	1,9	-0,6	0,1
Törnqvist	1,7519	1,7791	1,6	-0,5	-0,1
Fisher	1,7600	1,7815	1,2	0,0	0,0
Laspeyres	1,7815	1,7600	-1,2	1,2	-1,2
Paasche	1,9620	1,7964	-8,4	11,5	0,8
LogPaasche	2,2615	1,8080	20,1	28,5	1,5
Palgrave	2,5313	1,8196	28,1	43,8	2,1

Fonte: Sifreca (2002); cálculos elaborados pelo autor.

Conforme adiantado, os resultados são condizentes com a teoria de Fisher, representada pelo conhecido “garfo de cinco pontas”. A única discrepância está

relacionada aos índices de Laspeyres e Paasche, que apresentam viés em sentido contrário e de módulo maior, pelos motivos apresentados, decorrentes da formalização do modelo econômico.

Os índices de Fisher, Törnqvist, Vartia e Theil apresentam reduzida variação entre os resultados obtidos pelo encadeamento de bases e de base fixa. As análises até o momento levam a sugerir que os índices ditos ideais seriam os mais indicados para o cálculo dos índices de frete. Essa conclusão era esperada e está de acordo com a teoria, no que se refere à escolha da melhor base. O que se fez foi apenas analisá-la empiricamente. Esse tipo de análise é o que se considera como avaliação *a priori* de um índice.

Os avanços que se esperam são no sentido de verificar se a metodologia em questão é adequada para a aplicação prática sob condições reais de pesquisa, relaxando-se algumas hipóteses e considerando a disponibilidade de informações, sua representatividade (qualidade da amostra), o seu custo, e a utilidade dos índices, tanto no maior nível de agregação (o índice geral, propriamente dito), quanto dos sub-índices derivados do mesmo (em níveis inferiores de agregação).

Um importante aspecto está relacionado à qualidade dos sub-índices que formam o índice. Supõe-se que, além de se desejar um índice geral de variação do preço do frete, faz parte também do objetivo o acompanhamento dessa variação por faixas de distância, ou seja, há interesse no conhecimento da evolução dos sub-índices. Esses são os índices derivados da variação dos itens formadores do índice geral.

No caso do tratamento 1, cada item é formado pelos fretes organizados por faixas de 100 km de distância. Nas Figuras 17, 18, 19 e 20 são ilustrados os comportamentos dos sub-itens[72] para quatro meses (março, junho, setembro e janeiro) nos quatro anos de amostra.

[72] Os sub-índices são obtidos pelas relações entre os preços médios p_j (expressão 71) do mês em questão e do mês imediatamente anterior.

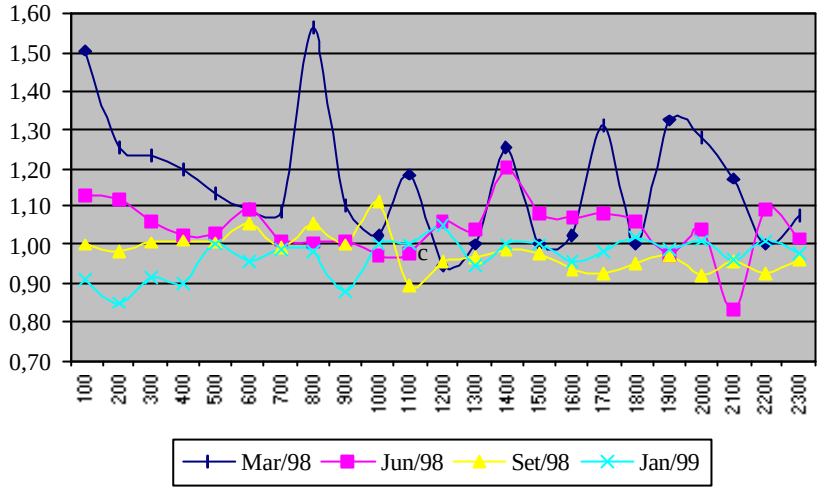


Figura 17 – Sub-índices formadores dos índices do tratamento 1 (1998-1999).

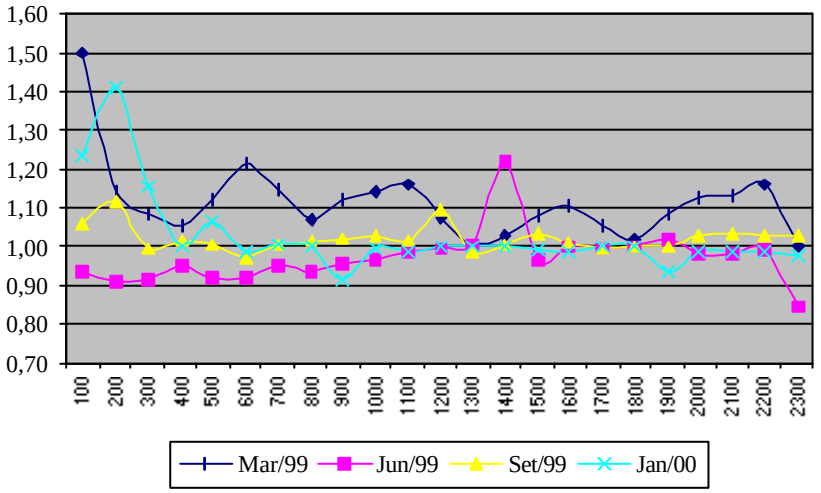


Figura 18 – Sub-índices formadores dos índices do tratamento 1 (1999-2000).

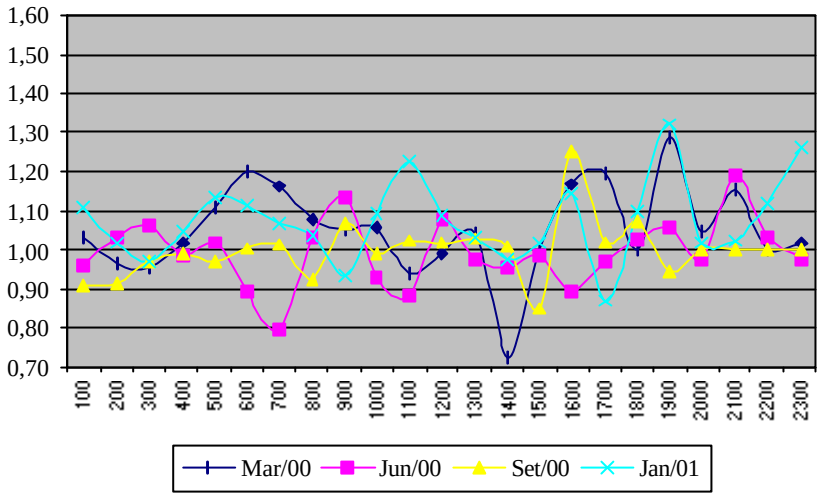


Figura 19 – Sub-índices formadores dos índices do tratamento 1 (2000-2001).

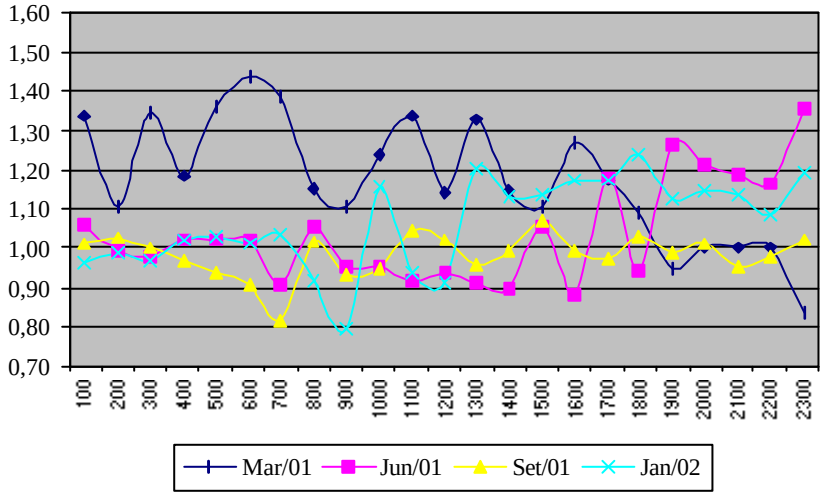


Figura 20 – Sub-índices formadores dos índices do tratamento 1 (2001-2002).

A observação dos sub-índices mostra que há uma certa heterogeneidade no comportamento dos preços nas distintas faixas de distância em um mesmo período (*cross-section*).

Na Figura 17, por exemplo, durante o mês de março de 1998, há faixas de distância que tiveram seu preço elevado em mais de 50%, algumas chegaram a 30%; outras, porém, não tiveram seus preços sequer majorados. No mês de junho de 1998, a maioria dos preços variou ao redor de 10%, porém em um item houve evolução positiva de 20% (1.400 km) e uma outra, negativa, ao redor de -19% (2.800 km). São comportamentos questionáveis e que podem ter sido originados por problemas de amostragem.

Já o comportamento dos índices em setembro de 1998, mostra-se mais coerente: houve estabilidade com pequenas elevações em fretes de até 1.000 km, e pequenos recuos em fretes com distâncias superiores. No mês de janeiro de 1999, os fretes até 1.000 km sofreram maior redução, com estabilidade a partir dessa distância. Outro exemplo com certa coerência.

Seguindo os exemplos, na Figura 18, a evolução dos índices em março de 1999 apresentou-se mais coerente, com elevações entre 0% e 20% para a maioria das distâncias. No mês de junho, à exceção da faixa de 1.400 km de distância, as evoluções também foram, em princípio, correlacionadas. No mês de janeiro de 2000, os fretes até 500 km mostraram-se bastante destoantes das demais faixas de distâncias.

As Figuras 19 e 20, por sua vez, refletem uma heterogeneidade ainda mais generalizada. Na Figura 19 tem-se que em março de 2000 houve variações na faixa de -30% até +30%, indicando completa variabilidade. Em todos os meses amostrados, as variações são bastante assimétricas, especialmente acima dos 1.100 km. Na Figura 20, as distorções atingem todo o horizonte de distâncias, para os quatro meses.

Essas informações não implicam, necessariamente, erros amostrais, mas exigem reflexão. Mesmo com as influências das forças de mercados locais (na origem e no destino) que justificariam um comportamento menos homogêneo entre os itens, é possível que existam problemas metodológicos na construção das médias de preços para cada um deles, que estariam causando tamanhas distorções.

Deve-se procurar avaliar a representatividade das amostras em cada um dos itens. Essa representatividade pode estar prejudicada pelo baixo número de informações para determinadas distâncias em alguns meses. Para se determinar o número mínimo de

informações dentro de cada amostra, pode-se utilizar premissas estatísticas que garantam, dentro de alguns intervalos de confiança, que a média da amostra seja equivalente à média da população.

O maior desafio nesse processo é conhecer a verdadeira variância da população (s^2). Inferências nesse sentido podem ser feitas desde que se conheça a distribuição de probabilidade dos preços do frete.

A distribuição pode ser analisada por meio de um tradicional histograma e com o auxílio de estatísticas descritivas. O histograma da distribuição de freqüência dos fretes na amostra (janeiro de 1998 a agosto de 2002), com distâncias entre 50 e 2.300 km, consta na Figura 21.

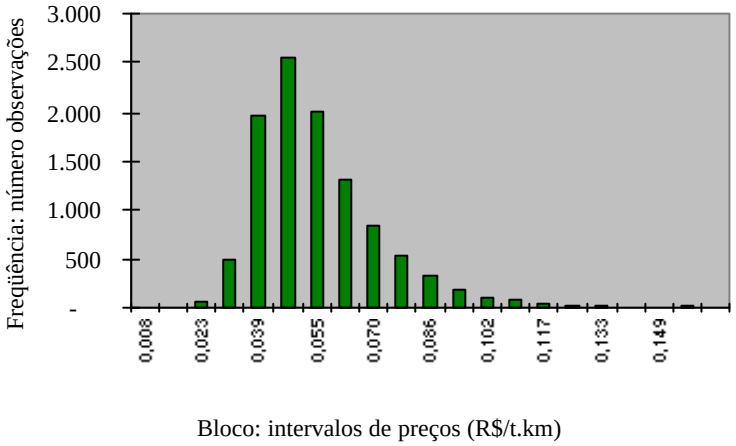


Figura 21 – Histograma das freqüências dos preços dos fretes entre 50 e 3.300 km, de janeiro de 1998 a agosto de 2002.

Fonte: Sifreca (2002); cálculos do autor.

As estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 30.

Tabela 30. Estatísticas descritivas da amostra de preços do frete (R$/t.km) do Sifreca (janeiro de 1998 a agosto de 2002).

Estatística	Valor
Média	0,051541
Erro padrão	0,000169
Mediana	0,047697
Moda	0,055556
Desvio padrão	0,017446
Variância da amostra	0,000304
Curtose	3,939805
Assimetria	1,519238
Intervalo	0,156341
Mínimo	0,013659
Máximo	0,170000
Soma	547,8328
Contagem	10.629

Fonte: Sifreca (2002); cálculos do autor.

Observa-se que, visualmente, a distribuição aproxima-se da normal, com assimetria à direita (positiva), o que pode ser comprovado pelo fato de que a média aritmética é superior à mediana, bem como pelo coeficiente de assimetria, que apresenta valor maior do que zero.

Assumindo-se que a aproximação à normal seja razoável e verdadeira, pode-se afirmar que, se o preço tem distribuição normal, sua média também o terá. Sob essas condições, as técnicas estatísticas de amostragem podem ser utilizadas para estimar o número necessário de observações dentro de cada amostra (ou sub-amostra), segundo níveis de significância previamente estipulados. Esses aspectos devem ser verificados quando da implantação de sistemas para índices de preço de frete.

É importante ressaltar que a carência de informações não deve ser vista somente como uma deficiência amostral, mas como possibilidade conseqüente das próprias características do mercado de frete para cargas agrícolas, caracterizado por significativa influência sazonal. A definição de qual a verdadeira causa exige maiores estudos do comportamento real do mercado de transporte e só poderá ser efetivamente elaborada mediante um trabalho amostral sobre a população.

Um outro ponto que pode estar relacionado ao problema da representatividade é o fato de que o critério de agregação – que apenas leva em conta a distância – poder não ser adequado, uma vez que há outros fatores que determinam o preço do frete, como se demonstrou.

Em havendo diferença significativa nos preços dos fretes para mesmas distâncias, porém com origem e/ou destino distintos, poderia ser interessante uma desagregação das informações. Os itens seriam estabelecidos não mais apenas pela distância, mas também pela combinação das regiões onde ocorre. A conseqüência seria um número maior de itens formadores do índice.

De imediato constata-se que, como se viu, há carência de informações para a montagem de índices mais agregados (com 23 itens). Imagina-se que esse desafio operacional deve aumentar significativamente quando se pensa em uma maior desagregação, ou melhor, na utilização de um maior número de itens na função agregação.

Essa nova forma de agregação das informações será considerada no tratamento 2, cujos resultados são apresentados a seguir.

6.2.2 Tratamento 2

Corrêa Junior (2001), estudando os fatores determinantes do preço do frete para a soja oriunda dos Estados do Mato Grosso, Paraná e Goiás, identificou que, além da distância, a presença de pedágios apresentou influência positiva e significativa em oito dos nove modelos econométricos estimados (combinações das três origens em dois períodos, de safra e entressafra). Nos períodos de safra, o autor também identificou influência do estado de conservação das vias, concluindo que os transportadores, em determinados períodos, tendiam a "...cobrar menos para efetuar movimentações através de vias em boas condições de utilização..." (p.59). A possibilidade de obtenção de carga de retorno, apesar de menor influência, foi igualmente apontada como um determinador do preço do frete. Os fretes praticados do interior do Paraná para o Porto de Paranaguá sofrem influência significativa em comparação aos fretes de mesma origem, mas com

destino que não o Porto. Para os fretes dos Estados de Mato Grosso e Goiás, por sua vez, Correa Junior (2001) sugere que os transportadores mostraram-se indiferentes quanto ao destino da carga.

Especificamente para os períodos de entressafra, Corrêa Junior (2001) conclui que:

> *"Diferentemente dos resultados obtidos para o período de safra, (...) as observações selecionadas para representar a entressafra apresentaram a influência de um leque menos diversificado de fatores. A maioria das equações estimadas apresentou a significância quase exclusiva da distância na composição dos valores dos fretes" (pág.68).*

Apesar de o autor ter trabalhado com o preço do frete por tonelada, enquanto nesta pesquisa optou-se pelo preço por tonelada-quilômetro, suas conclusões seguem no mesmo sentido de que foi identificado quando se analisaram os coeficientes de determinação dos modelos de formação do preço do frete em função da distância para cada um dos meses. Concluiu-se que há uma tendência desse coeficiente ser maior em meses de baixa movimentação do grão, conferindo maior influência para a variável distância em detrimentos das demais.

Finalmente, Corrêa Junior (2001) conclui que:

> *"Enfim, o que se observa é que a sazonalidade da demanda por serviços de transpores rodoviários de grãos teve uma influência direta sobre a composição de variáveis do dos preços dos fretes praticados (...)" (p.69).*

Apesar dessas contribuições sobre a influência das variáveis, resta a questão de que se os preços são, de fato, diferentes estatisticamente em mesmas distâncias, mas com origens e destinos diferentes.

Propõe-se a estimação de dois modelos com variáveis *dummies*: um com essas atreladas a diferentes regiões de origem; outro, com essas atreladas a destinos. Testando-se a significância dessas variáveis é possível se verificar a possibilidade das origens e

destinos estarem contribuindo na determinando o preço do frete, independentemente da distância.

No primeiro modelo proposto, a variável dependente é o logaritmo do preço do frete, em R$/t.km; a variável independente é o logaritmo da distância percorrida. As origens analisadas são os Estados do Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO) e Paraná (PR). Especifica-se a seguinte forma:

$$\ln p = a + b \ln(d) + g_1 D_1 + g_2 D_2 + g_3 D_3 + e \qquad (56)$$

As *dummies* são assim especificadas:

$D_1=1$ em MT e $D_1=0$ nos demais Estados;
$D_2=1$ em MS e $D_2=0$ nos demais Estados;
$D_3=1$ em GO e $D_3=0$ nos demais Estados.

O Estado do Paraná ficaria sendo base de referência. O termo constante do modelo é a quando o Estado for o Paraná; $a+g_1$ quando for MT, $a+g_2$ quando for MS e $a+g_3$ quando for GO.

Se g_1 for estatisticamente diferente de zero, pode-se sugerir pela diferença entre os valores de frete com origens nos Estado de MT e PR. Se g_2 for diferente de zero conclui-se que existe diferença estatisticamente entre os Estados do MS e PR. Se g_3 for diferente de zero existe diferença entre os valores de frete entre os Estados de GO e PR. Caso todos os $g_s^{'}$ forem diferentes de zero, conclui-se que os valores de frete das três origens são todos diferentes em relação aos do Paraná. Caso contrário, pode-se dizer que os valores de frete em função da distância não diferem quando têm sua origem nesses quatro Estados.

Para a estimativa desse modelo utilizou-se a base de dados do Sifreca apenas para os fretes com origem nos referidos Estados. O software utilizado foi o RATS e os resultados são expostos na tabela a seguir.

Tabela 31. Resultado do modelo econométrico do logaritmo do preço do frete em função do logaritmo da distância, incluindo variáveis *dummies* para as origens.

Estatística de regressão				
R-Quadrado			48,8	
Erro padrão			0,235	
Observações			9.609	
F(4,9.604)			2.285,23	
	Coeficientes	Erro padrão	Estat. t	valor-P
Interseção	-1,5090	0,0192	-78,5700	0,0000
Variável	-0,2205	0,0031	-69,2089	0,0000
D_1	-0,1530	0,0074	-20,6516	0,0000
D_2	-0,1076	0,0117	-9,2049	0,0000
D_3	-0,1701	0,0066	-25,5961	0,0000

O modelo apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 48,8%, indicando que as variáveis exógenas explicam praticamente 49% do comportamento dos preços. Os coeficientes das três *dummies* (*D1*, *D2* e *D3*, para Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, respectivamente) também foram altamente significativos, indicando haver diferença estatística entre esses e o coeficiente base, no caso do Paraná.

Os valores dos coeficientes indicam que, independentemente de outros fatores, os fretes praticados com origem no Paraná têm seu valor mais elevado que aqueles praticados no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.

Para facilitar a visualização, as equações estimadas foram submetidas a uma simulação com faixas de distância variando em 50 quilômetros. O resultado é ilustrado na Figura 22.

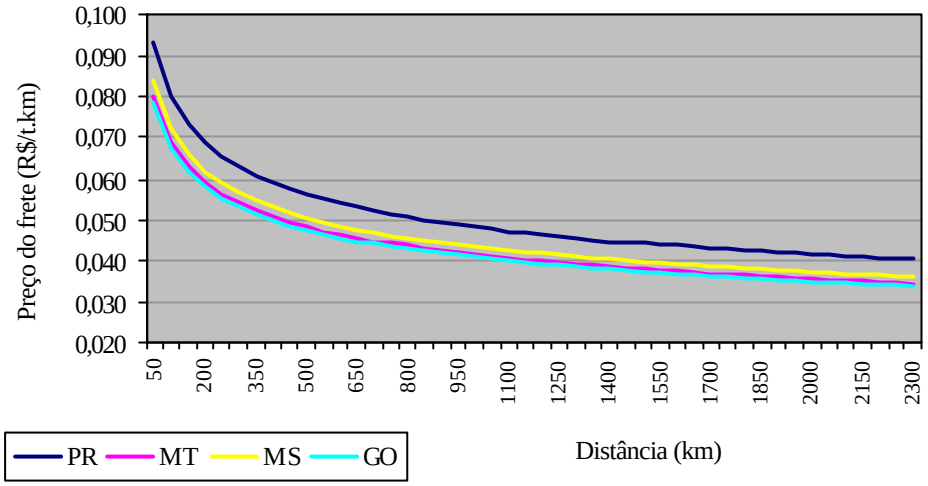


Figura 22 – Comportamento estimado do preço do frete em função da distância para quatro origens distintas, caracterizadas por quatro dos principais Estados produtores de soja.

O próximo passo é tentar verificar a influência do destino na formação do preço do frete. Nesse segundo modelo, a variável dependente continua sendo o logaritmo do frete, em R$/t.km, e a variável independente é o logaritmo da distância percorrida. Os destinos analisados são os Estados do Paraná, São Paulo, Goiás e Mato Grosso. Especifica-se a seguinte forma:

$$\ln p = \alpha + \beta \ln(d) + \gamma_4 D_4 + \gamma_5 D_5 + \gamma_6 D_6 + \varepsilon \qquad (57)$$

As *dummies* são assim especificadas:

$D_4 = 1$ em SP e $D_4 = 0$ nos demais Estados;
$D_5 = 1$ em GO e $D_5 = 0$ nos demais Estados;
$D_6 = 1$ em MT e $D_6 = 0$ nos demais Estados.

O Estado do Paraná continua como base de referência. O termo constante do modelo é a quando o destino for o Estado do Paraná; $a+g_4$ quando for SP, $a+g_5$ quando for GO e $a+g_6$ quando for MT.

O raciocínio é semelhante ao do primeiro modelo: se g_4 for estatisticamente diferente de zero, pode-se sugerir pela diferença entre os valores de frete com destinos nos Estado de SP e PR. Se g_5 for diferente de zero, conclui-se que existe diferença estatisticamente entre os Estados do GO e PR. Se g_6 for diferente de zero existe diferença entre os valores de frete entre os Estados de MT e PR. Se todos os $g_s^{'}$ forem diferentes de zero, conclui-se que os valores de frete são diferentes conforme os destinos considerados. Caso contrário, pode-se dizer que os fretes em função da distância não diferem quando têm seu destino nesses quatro Estados.

Para a estimativa desse segundo modelo utilizou-se a mesma base de dados, contudo considerando apenas os fretes com destino nos Estados do Paraná, São Paulo, Goiás e Mato Grosso. Os resultados são expostos na Tabela 32.

Tabela 32. Resultado do modelo econométrico do logaritmo do preço do frete em função do logaritmo da distância, incluindo variáveis *dummies* para os destinos.

Estatística de regressão				
R-Quadrado			50,00	
Erro padrão			0,237	
Observações			8.854	
F(4,8.849)			2.203,69	
	Coeficientes	Erro padrão	Estat t	valor-P
Interseção	-1,1889	0,0201	-59,0869	0,0000
Variável	-0,2803	0,0031	-91,0598	0,0000
D_4	0,0207	0,0066	3,1098	0,0018
D_5	-0,1808	0,0067	-26,8134	0,0000
D_6	-0,1913	0,0098	-19,5849	0,0000

O coeficiente de determinação foi de 50%, semelhante ao do modelo para as origens, sugerindo que o destino dos fretes pode ter influência semelhante - ou mesmo levemente superior - sobre o preço.

É um resultado que parece razoável, uma vez que a concentração dos destinos da soja é maior que suas origens, dadas as características de pulverização da produção agrícola e de concentração nos principais centros de esmagamento do Sul e Sudeste, ou nos dois principais portos de exportação, Paranaguá, no Estado do Paraná; e Santos, no Estado de São Paulo.

Todos os coeficientes estimados foram significativos. Os destinos Paraná e São Paulo tendem a apresentar fretes com preços mais elevados, conforme fica claro na Figura 23, com uma pequena predominância dos preços para São Paulo.

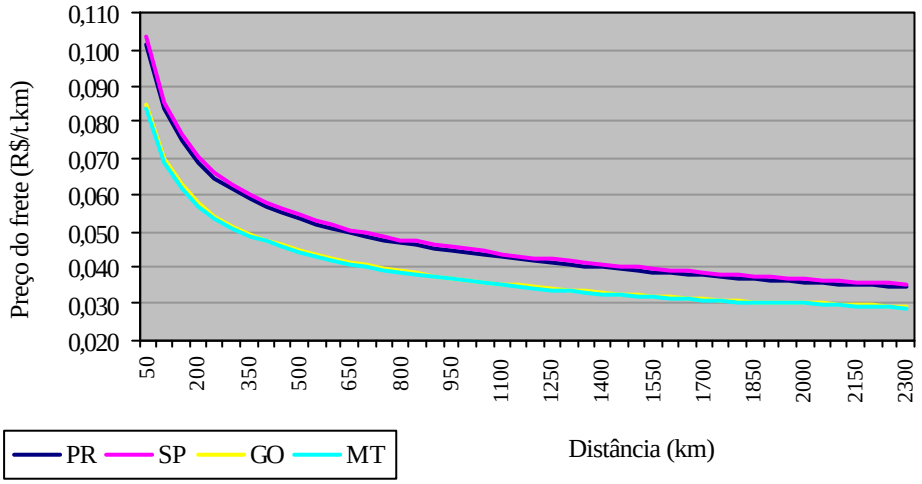


Figura 23 – Comportamento estimado do preço do frete em função da distância para quatro destinos distintos, caracterizados por quatro regiões demandantes.

Portanto, parece razoável se supor que um sistema de agregação por distância, origem e destino seja relevante. Não apenas do ponto de vista estatístico, mas também para ser capaz de dar maior visibilidade aos itens que formam o índice e, como conseqüência, trazer mais vantagens para os potenciais usuários da informação.

Diante dessas conclusões, o tratamento 2 procurou avaliar uma forma distinta de agregação das informações básicas. Segue-se considerando faixas de 100 quilômetros de distância, mas também combinações de regiões de origem e destino, especialmente Unidades da Federação.

Os índices calculados são ilustrados, resumidamente, na Tabela 33. No Anexo C consta a série completa.

Tabela 33. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 2: separados segundo fórmula de cálculo e hipótese.

Índice	Hipótese	Acumulado
Carli	Eliminação[1]	1,7248
	Suposição[2]	1,9219
Dutot		1,7438
Lowe		2,1221
Palgrave	Eliminação	0,0451
	Suposição	3,1939
Laspeyres		0,0315
Paasche		101,7902
Fisher		1,7893
Jevons	Eliminação	1,5029
	Suposição	1,5490
Geométrico	Eliminação	1,4983
	Suposição	1,3482
Walsh		1,7107
Coggeshal	Eliminação	1,2411
	Suposição	1,2449
Logaritmo Paasche	Eliminação	1,8283
	Suposição	2,4542
Harmônico Laspeyres	Eliminação	59,9691
	Suposição	1,1406
Törnqvist	Eliminação	1,5719
	Suposição	1,8190
Theil	Ambas	1,5478
Vartia	Ambas	1,7063

Fonte: Sifreca (2002); cálculos elaborados pelo autor.

[1] Eliminação: hipótese na qual procede-se com a exclusão dos termos impossíveis (divisão por zero) ou que tornariam o índice igual a zero (no caso de produtórios). [2] Suposição: hipótese caracterizada pela extrapolação de informações de preços de períodos subseqüentes.

O Índice de Carli (expressão 7) é impossível de ser calculado quando p^b for igual a zero, ou seja, quando não se dispõe do preço de um determinado produto ou item no período base. Sob a hipótese de eliminação, o índice pode ser calculado, perdendo-se a informação da variação do preço para o item em questão. O índice acumulado nessa

situação foi de 1,7248. Sob hipótese de suposição (extrapolação de informações precedentes para o mesmo item), o índice acumulado foi igual a 1,9219.

O Índice de Dutot, por sua vez, não exige o sistema de informações completas, conseqüentemente não necessitando de hipóteses para ser calculado. Seu valor acumulado foi igual a 1,7438.

O Índice de Lowe, bem como seus derivados Laspeyres e Paasche, também não necessitam de informações completas para serem calculados. No entanto, há claramente um viés quando há perda de informações. No caso do primeiro, como as ponderações são fixas, há apenas a perda de informação em um dos períodos, quando seus preços não estiverem disponíveis. Já os de Laspeyres e Paasche, as ponderações variáveis podem causar maior perda de informações, gerando um viés superior. No caso do primeiro, a não existência da informação no período base, elimina - do cálculo - tanto o preço nesse período quanto o do período referencial. O de Paasche, por seu turno, causa maior viés quando a informação no período referencial é que não está disponível.

Assim sendo, já se esperava que os índices acumulados de Laspeyres (0,0315) e Paasche (101,7902) apresentassem enormes vieses quando comparados aos seus índices do tratamento 1 (1,5788 e 1,9620, respectivamente) ou ao Índice de Fisher do tratamento 2 (1,7893), por exemplo.

O que explica esse viés bastante significativo e em direção contrária, é o seguinte: o Índice de Laspeyres tem viés claramente negativo em todos os períodos. Nos momentos de início de entressafra (baixa movimentação) o numerador (expressão 12) tende a ter vários termos anulados. No início da safra, porém, a inexistência dos fretes no período anterior também tende a diminuir o numerador. No Índice de Paasche, o comportamento é exatamente o mesmo, mas em sentido contrário, o que gera o viés positivo.

O Índice de Lowe (2,1221), analisado ao longo do tempo, é – de certo modo – interessante. Permite concluir que há um viés positivo em relação ao Índice de Fisher do tratamento 2 (1,7893) nos períodos de safra, já que a entrada de informações nesses períodos tende a aumentar o índice mais que proporcionalmente; por outro lado, quando

do início da entressafra, há viés negativo pelas saídas das informações na composição do índice. No cômputo geral, o viés positivo prevalece.

O Índice de Palgrave apresenta impossibilidade de cálculo quando o preço no período básico é nulo. Sob hipótese de eliminação desses termos, há um forte viés negativo pela eliminação dos pesos (w_{n*}^{t} quando $p_{n*}^{b} = 0$, na expressão 10). O índice acumulado foi igual a 0,0451. Sob hipótese de suposição evita-se a perda dos pesos, mas criam-se vieses bastante altos em períodos de entressafra, quando os preços sofreriam redução, mas essa não é captada pela inexistência das ponderações (w_{n*}^{t}).

À primeira vista, o Índice de Fisher aparece novamente como um dos mais coerentes, mesmo para o cálculo com indisponibilidade de diversas informações. Os valores acumulados no tratamento 1 (1,7600) e no tratamento 2 (1,7893) diferem em 2,9%. Contudo, a análise pontual ao compará-los, mostra que as diferenças mensais podem variar entre –18% (janeiro de 2000) e +19% (março de 2000). A Figuras 24 traz a comparação entre os índices de Fisher ao longo do tempo, enquanto a Figura 25, o comportamento da variação entre os índices nos dois tratamentos de cálculo.

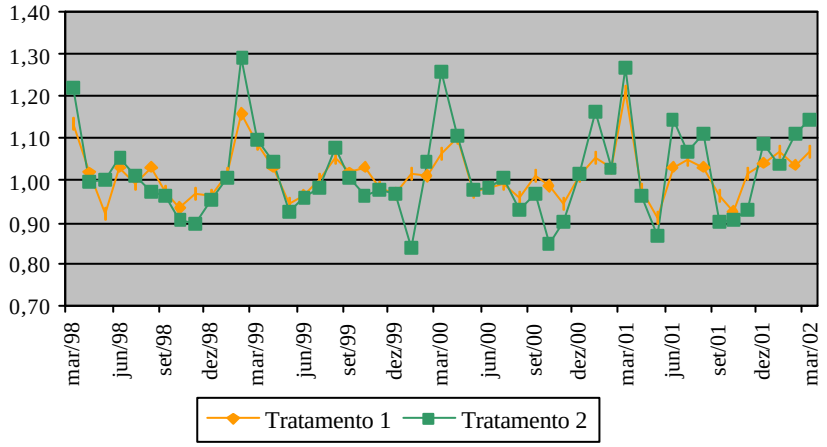


Figura 24 – Comparação entre os Índices de Fisher calculados para os tratamentos 1e 2.

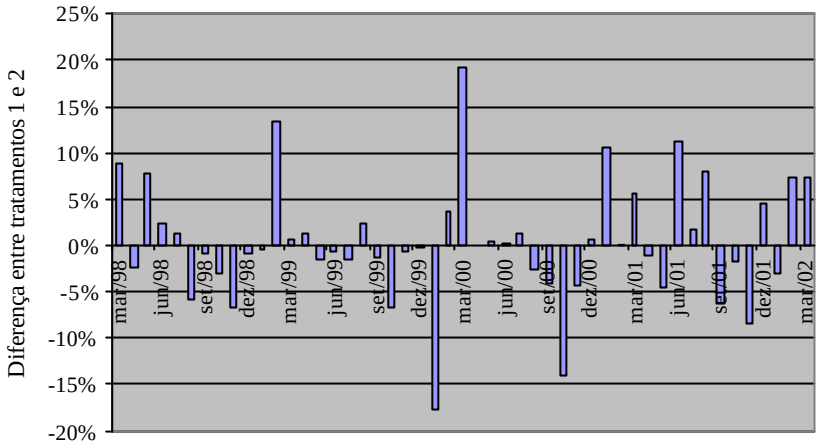


Figura 25 – Comportamento da variação entre os Índices de Fisher dos tratamentos 1 e 2.

As análises sugerem que, apesar de haver uma compensação entre os efeitos em sentidos contrários dos índices de Laspeyres e Paasche no longo prazo (refletida no comportamento do Índice de Fisher), há algumas distorções em meses de mudança de tendências, como início de safras e de entressafras. No início das baixas movimentações, o Índice de Laspeyres cai proporcionalmente mais que o de Paasche, enquanto que na entrada da safra, esse último sobe mais que proporcionalmente ao de Laspeyres, gerando esses valores variáveis em Fisher.

Em síntese, o Índice de Fisher, mesmo sendo reconhecidamente um dos superiores, deve ser visto com ressalvas no curto prazo quando em sistemas caracterizados fortemente por informações incompletas.

O Índice de Jevons é o primeiro dos índices do tipo produtório. Esses guardam a característica de exigirem os preços de ambos períodos de comparação para o cálculo do índice. Caso o preço na base não esteja disponível, seria impossível seu cálculo. Por outro lado, se o preço no período referencial não existir (e existindo o preço na base), tornaria o índice agregado nulo.

Mediante as hipóteses de eliminação e suposição o índice pode ser calculado, gerando valores com viés negativo quando acumulados. No caso do primeiro, os

períodos de início de maior movimentação são subestimados por não entrarem na amostra (uma vez que o preço da base não estará disponível). O Índice de Jevons por eliminação é acumulado em 1,5029, enquanto que o mesmo, sob hipótese de substituição gera o valor 1,5490.

O Índice Geométrico segue na mesma tendência que o de Jevons, por ser uma função de produtos. Porém, por ser ponderado pela base, é exigente em relação a essas informações, mas não anula o índice quando as mesmas não existem. Observando-se a expressão (17), referente à sua fórmula, tem-se que, quando p^b for igual a zero, o expoente responsável pela ponderação também o será e implicará que o resultado da potência seja um. Por outro lado, se o preço no período referencial (p^t) for nulo, tornará o produtório igual a zero, tornando o índice nulo. Sob hipótese de eliminação (dos termos com p^t iguais a zero), o índice geométrico perde a importante informação do peso (dado pela base, w^b), gerando um viés negativo pela sua desconsideração. Sob hipótese de suposição o viés negativo continua existindo, uma vez que não há a consideração dos preços p^t em períodos de entrada de safra, pela inexistência de p^b nos meses antecessores, o que anula o termo (w^b). Os índices geométricos acumulados sob as duas hipóteses foram 1,4983 e 1,3482, respectivamente.

O Índice de Walsh apresenta um resultado bastante interessante. Sua fórmula, representada pela expressão (18), mostra que o índice pode ser calculado com informações incompletas. Porém, o fato das quantidades dos períodos base e referência participarem conjuntamente de ambos os períodos, exigem que essas informações estejam disponíveis para cada um dos itens, caso contrário, eliminam da fórmula as informações referentes a eles, impedindo-o de participar do cálculo. Em síntese, o índice só é calculado considerando os itens que participam em ambos períodos de comparação. Obviamente que há perda de informações, mas não há distorções pela consideração assimétrica dos itens. O Índice de Walsh acumulado no tratamento 2 é igual a 1,7107, um valor 2,2% inferior ao do tratamento 1, igual a 1,7488.

Comparando-se os índices de Walsh nos tratamentos 1 e 2, ao longo do período, observa-se que a variação máxima positiva foi de +4,9% (agosto de 2000), enquanto a máxima negativa foi de -4,5% (janeiro de 2002). Portanto, uma amplitude

significativamente inferior que no caso do Índice de Fisher. As Figuras 26 e 27 mostram a comparação entre os índices de Walsh nos tratamentos 1 e 2, e o comportamento da variação entre eles.

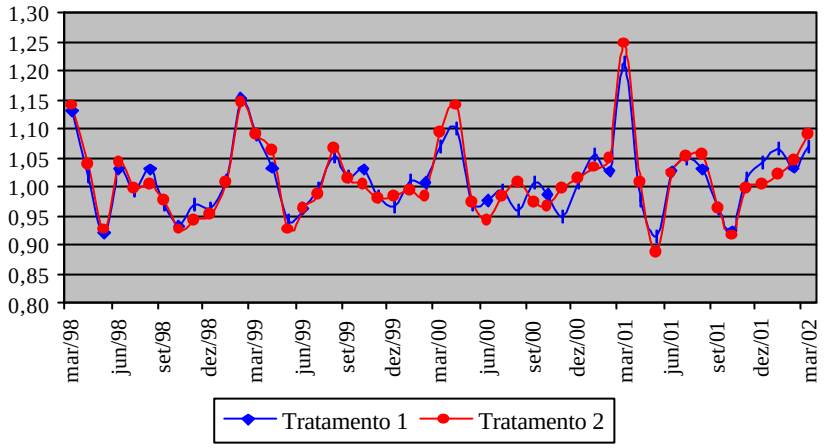


Figura 26 – Comparação entre os Índices de Walsh calculados para os tratamentos 1e 2.

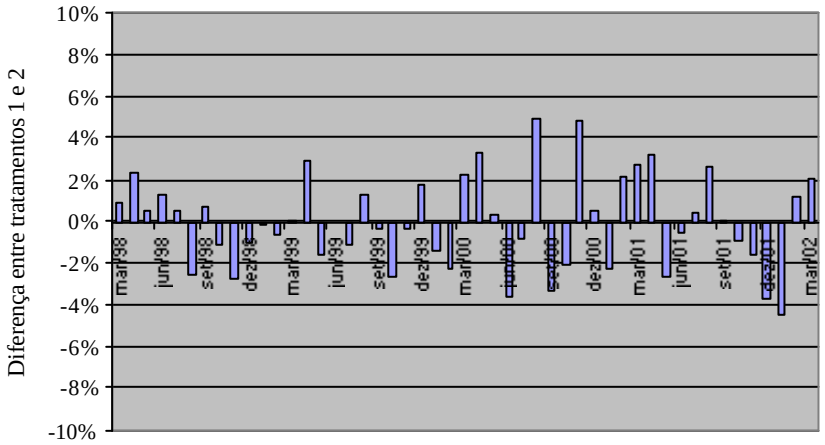


Figura 27 – Comportamento da variação entre os Índices de Walsh dos tratamentos 1e 2.

De um modo geral, a análise das diferenças chegam a sugerir que essas tendem a ser positivas em meses de maior movimentação, e negativa em meses de menor movimentação. Mas essa relação não é tão clara e há algumas inconsistências, de modo que não pode ser adotada como tendência, pelo menos considerando os dados disponíveis. Para o Índice de Fisher isso parece mais claro: meses de início de movimentação intensa tendem a causar maior discrepância entre os índices (mesma fórmula) calculados sobre formas de agregação distintas.

Seguindo-se a análise dos resultados dos índices, tem-se o de Coggeshal. Esse índice, diferentemente de alguns mencionados até o momento (que exigiam a disponibilidade de p^b), exige a disponibilidade do preço no momento de referência (p^t), para que possa ser calculado. Tanto sob hipótese de eliminação como de suposição, foram gerados índices acumulados subestimados: 1,2411 e 1,2449, respectivamente.

Os índices Logaritmo Paasche e Harmônico Laspeyres geram vieses significativos. O primeiro exige o preço da base (quando o preço no período referencial é diferente de zero). O segundo exige a disponibilidade de p^t.

Sob hipótese de eliminação, o Logaritmo Paasche incorre em perda de peso para ponderações (w^t) por um lado (viés negativo), quando $p^b = 0$; mas, por outro, nos períodos de baixa movimentação causa viés positivo por desconsiderar a redução nos preços relativos de diversos itens (pela ausência de w^t, ou melhor, quando $p^t = 0$). O resultado pode não ser trivial. No caso da base de dados disponível, o índice calculado sob essa hipótese foi acumulado em 1,8283. Já o Índice Harmônico Laspeyres gera um enorme viés positivo sob essa hipótese, uma vez que, em meses de redução da movimentação, não capta a redução dos preços. Seu valor acumulado foi igual a 59,9691, completamente destoante.

Sob hipótese de suposição, o Índice Logaritmo Paasche apresenta um viés positivo. Em meses de redução na movimentação, a falta de informações de quantidade no período referencial anula as ponderações (w^t) e conseqüentemente impede a manifestação da redução nos preços. O índice acumulado foi igual a 2,4542. O Índice Harmônico Laspeyres, por sua vez, apresenta seu característico viés negativo por ser

uma média harmônica. Seu valor acumulado no tratamento 2 (1,1406) foi ainda inferior que o do tratamento 1 (1,2041).

O Índice de Törnqvist, considerado um índice ideal, também é exigente em informações para sua elaboração. Por ser um índice formado por multiplicação (produtório), não admite que p^t seja igual a zero, a não ser que p^b também o seja. Por outro lado, p^b também não pode ser igual a zero, o que causaria uma inconsistência matemática. Sob hipótese de eliminação, o índice causa um viés negativo pela perda de peso para ponderação quando o preço no período referencial (p^t) for zero. Sob hipótese de suposição, não há perda de informações e o índice acumulado foi igual a 1,8190.

Assim como os índices de Fisher e Walsh, considerado superiores, Törnqvist no tratamento 2, sob a hipótese de suposição, apresentou valores bastante aproximados do tratamento 1.

A diferença entre os índices, nos tratamentos 1 e 2, de Törnqvist (suposição) e Walsh, são bastante correlacionadas, com um coeficiente de correlação linear igual a 89%. Isso significa que os vieses atingem, ao mesmo tempo, ambas fórmulas.

Finalmente, restam os índices de Theil e Vartia[73]. Ambos requerem informações completas para o cálculo. Contudo, têm a peculiaridade de que os resultados dos índices calculados sob as hipóteses de eliminação e suposição são idênticos. O motivo é bastante simples de ser entendido: a inexistência de informações de preço e quantidade elimina o item em questão da função de agregação, pois as ponderações (w^b e w^t) entram na fórmula como produtos (multiplicação) (ver expressões 32 e 34). Em conseqüência, a inexistência de qualquer um (seja preço, seja quantidade; seja na base ou na referência), torna o item nulo na fórmula. Como a hipótese de suposição apenas considera a suposição de valores, sua quantidade continua ausente, de modo que o resultado é idêntico ao da hipótese de eliminação.

Os índices acumulados para Theil e Vartia foram, respectivamente, 1,5478 e 1,7063. Observa-se que há uma diferença de 10,2% entre eles. Comparando-se Theil com Törnqvist (suposição), tem-se uma diferença acumulada de apenas –1,5%. Era

[73] Subentende-se que o Índice de Vartia seja o "Vartia II" apresentado na revisão bibliográfica. O "Vartia I", por seus resultados destoantes, foi desconsiderado na presente análise.

esperado que essa diferença fosse diminuta, uma vez que as fórmulas de Theil e Törnqvist são bastante semelhantes.

Retornando-se a comparação entre Theil e Vartia, pode-se dizer que, apesar da diferença acumulada, os índices mensais foram bastante próximos, sendo que a diferença ficou entre –1% e +2% para todos os meses, à exceção de março de 2001, que chegou a +4,1%.

Comentados os principais resultados, resta uma análise conjunta dos mesmos, aproveitando-se para comparar com os resultados do tratamento 1.

Na Tabela 34 são apresentados os índices superiores e os índices de Carli e Dutot que, por serem bastante simples, são razoáveis indicadores para a avaliação das formas de agregação. Note-se que os índices estão ordenados segundo o coeficiente de correlação calculado entre os resultados mensais para as duas situações durante o período considerado.

Tabela 34. Comparação entre os índices acumulados do tratamento 1 e 2, período de março de 1998 a março de 2002.

Índices	Tratamento 1	Tratamento 2	Variação	Coeficiente de Correlação (%)
	(A)	(B)	(B)/(A)	
Walsh x Walsh	1,7488	1,7107	-2,2	94,35
Vartia x Vartia (eliminação)	1,7496	1,7063	-2,5	94,21
Törnqvist x Törnqvist (suposição)	1,7519	1,8190	3,8	93,96
Theil x Theil (eliminação)	1,7499	1,5478	-11,5	93,95
Törnqvist x Törnqvist (eliminação)	1,7519	1,5719	-10,3	93,65
Carli x Carli (eliminação)	2,1712	1,7248	-20,6	86,13
Fisher x Fisher	1,7600	1,7896	1,7	83,37
Dutot x Dutot	1,8202	1,7438	-4,2	78,12

O Índice de Walsh foi aquele que apresentou maior correlação entre os dois tratamentos. Mas a diferença foi bastante pequena em relação a outros índices com resultados igualmente satisfatórios. Todos os índices superiores (Fisher, Walsh, Törnqvist, Theil e Vartia) apresentaram coeficientes de correlação maior do que 93%, indicando que, independentemente da forma de agregação (se apenas por distância, ou se por distância e origem/destino) os índices mensais evoluíram nas mesmas direções e

proporcionalmente. Porém, quando se observa a variação do valor acumulado do índice constatam-se algumas diferenças mais significativas. A menor variação foi do Índice de Fisher (+1,7%), seguido de Walsh (-2,2%) e Vartia (-2,5%).

Os índices de Törnqvist e Theil, comparando-se o acumulado no tratamento 1 com o do tratamento 2 sob hipótese de eliminação, apresentaram variações maiores, de +10,3% e de +11,5%, respectivamente. Suas fórmulas são muito semelhantes, de modo que essa proximidade era esperada. O fato de haver informações excluídas da amostra ajuda a explicar a diferença, uma vez que, na realidade, acabam sendo calculados sobre uma base de informações relativamente distinta. Isso não ocorre com o Índice de Walsh e de Fisher.

Um dado que, de certa forma, foi surpreendente, refere-se ao resultado do Índice de Vartia que, mesmo sob a hipótese de eliminação, apresentou resultados bastante semelhantes. Outro resultado interessante refere-se ao do Índice de Törnqvist calculado sob a hipótese de suposição, que apresentou excelente coeficiente de correlação e uma relativamente pequena variação no valor acumulado. Essa hipótese é mais forte porque extrapola informações inexistentes.

A reflexão que deve ser feita é se a semelhança entre os resultados de um índice nos tratamentos 1 e 2 é um bom indicador da sua qualidade. Mais ainda, a questão que se coloca é se a comparação entre os índices é capaz de fornecer argumentos a respeito de qual o melhor sistema de agregação: o do tratamento 1 ou 2.

Ao que tudo indica, a resposta da primeira questão é positiva. Independentemente da forma como as informações são agregadas, é razoável que a sua variação geral (agregada) seja bastante aproximada. Portanto, os índices que levam a essa aproximação deveriam ser os preferidos.

Nesse sentido, os resultados empíricos sugerem que o Índice de Walsh é o mais indicado para situações em que a ausência de informações esteja presente. O índice de Fisher poderia ser igualmente visto como adequado, não fossem as variações relativamente destoantes quando se analisa um período específico no tempo, no caso um determinado mês. Isso é refletido pelo coeficiente de correlação inferior e pela observação do índice ao longo dos meses. Mesmo assim, Fisher deve ser visto como um

índice bastante interessante, uma vez que é elaborado a partir da combinação dos índices de Laspeyres e Paasche que, sob ausência de informações, apresentam vieses enormes. O Índice de Fisher seria um corretor dos vieses desses índices.

O Índice de Vartia também pode ser considerado como um índice bastante adequado para o tratamento da indisponibilidade de informações. Porém, deve ficar clara a ressalva de que é um índice calculado sob a hipótese de eliminação. Caso contrário, o seu cálculo seria matematicamente impossível quando da indisponibilidade de informações no período base.

O Índice de Törnqvist também exige informações completas. Apesar de ter gerado resultados relativamente interessantes, os mesmos devem ser ponderados. A hipótese de suposição é bastante forte, conseqüentemente, deve ser evitada. A hipótese de eliminação, por sua vez – e isso também serve para Theil – originou vieses negativos pela eliminação de informações relevantes, como foi abordado. Os coeficientes de correlação são elevados, mas os pequenos vieses mensais, ao serem acumulados, causam variações não desprezíveis. Pode-se observar, na mesma Tabela 29, que os índices de Törnqvist e Theil, acumulados no tratamento 2, apresentaram valores bem abaixo de 1,60, enquanto os índices de Walsh e Fisher superaram a marca dos 1,70.

Há um agravante nesta segunda situação que ocorre quando a base torna-se fixa, em decorrência da não existência de informações nesse período para um dado item *i* (p_i^b, q_i^b, w_i^b), que inviabiliza o cálculo de todos os sub-índices subseqüentes para esse item, que exigem essas informações.

Não há como se analisar e comparar, com precisão, os vieses gerados pelas diferentes fórmulas porque o resultado dependerá do período que for tomado como base. Caso esse período disponha de mais ou menos informações, o resultado será distinto, sendo impossível uma comparação entre fórmulas, por esse motivo.

Apenas a título de ilustração, os índices de Fisher e Walsh, calculados com base em fevereiro de 1998, originam valores acumulados iguais a 2,0683 e 1,8424, portanto, bastante destoantes. Em síntese, para que a base seja fixada é necessária uma preocupação adicional para que se façam existir as informações necessárias para tal.

Enquanto no tratamento 1 propunha-se trabalhar com 23 sub-índices (23 itens), neste tratamento 2 procurou-se trabalhar com 103 sub-índices. As exigências por informações aumentam significativamente. Considerando-se todos os meses da amostra, aquele que dispunha de um maior número de informações foi o junho de 2000, com 74 das 103 informações necessárias (71,8%). Já o mês de janeiro do mesmo ano foi aquele que se dispunha de um menor número de informações, no total de 33 (32,0%). No cômputo geral, considerando que são 50 meses e 103 itens, haveria 5.150 pares de preços e quantidades. Porém, na realidade, a base de dados foi capaz de oferecer 2.559 pares, o equivalente a 49,7% do que seria esperado. Portanto, foi essa carência de informações que levou às diferenças e vieses analisados anteriormente.

A análise da evolução dos sub-índices de cada item levará às mesmas conclusões obtidas durante a análise do tratamento 1, com agravante de que agora, as discrepâncias devem ser ainda maiores, pois o número de observações por itens reduz-se significativamente.

Essas observações sugerem que, para a elaboração de um índice mais desagregado, deve-se estar seguro e ciente de que as dificuldades técnicas e operacionais aumentarão significativamente. E isso deve estar de acordo com os objetivos por trás dos índices.

Antes de se prosseguir, é interessante que se sistematize os pontos relevantes concluídos até o momento, após a experiência obtida com os dois tratamentos propostos.

É importante que a agregação contemple, além da distância, o destino - e eventualmente a origem - dos fretes: as análises econométricas mostram que o destino tem influência significativa na formação do preço do frete. Desse modo, sua consideração é apropriada para dar maior visibilidade ao sistema.

Do ponto de vista matemático e estatístico, o ideal seria sempre se dispor de informações completas (de preço e quantidade, para o período base e referencial). Porém, pelas próprias características do mercado (sazonal), bem como pelas limitações intrínsecas aos processos de amostragem, é provável que, em algumas situações, isso não aconteça. Se esse for o caso, deve-se considerar a possibilidade do uso de índices capazes de tratar adequadamente esse problema, como Walsh, Vartia e Fisher.

Mesmo com o uso de fórmulas que tratem razoavelmente bem o problema de informações incompletas, levando à obtenção de índices gerais satisfatórios, o objetivo do índice pode exigir a divulgação dos resultados para os sub-índices, de modo que a falta de informações pode inviabilizar essa tarefa. Para tanto, é necessário que haja informações completas, pelo menos para as rotas mais relevantes.

Relacionado a esse assunto está a questão da base de comparação. A utilização dos índices ideais (Fisher, Walsh, Törnqvist, Theil e Vartia) relaxa um pouco essa preocupação, uma vez que os mesmos atendem parcialmente ao teste da circularidade. No entanto, o mais indicado deve ser o cálculo dos índices com mais de uma base (encadeada, em relação há 12 meses, em relação a um período fixo etc.). Para o caso de informações não disponíveis, há que se considerar que sua ausência pode inviabilizar a fixação de bases.

6.2.3 Tratamento 3

Os índices calculados no tratamento 3 são ilustrados resumidamente na Tabela 35 e com a série completa do Anexo C. A principal diferença deste tratamento para os dois primeiros é que os preços passaram a ser ponderados pela quantidade de produto transportada. Sendo essa informação não mais determinada pelo processo de amostragem, mas sim obtida de outras fontes.

Tabela 35. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 3: separados segundo a fórmula de cálculo e hipótese.

Índice	Hipótese	Acumulado
Carli	Eliminação	2,0982
Dutot		1,6820
Lowe (e derivados)	Sem redistribuição de pesos	2,8722
	Com redistribuição de pesos	1,4843
Törnqvist	Eliminação	1,3086

Fonte: Sifreca (2002); cálculos elaborados pelo autor

Observa-se, pela Tabela 35, que um menor número de índices foi considerado. Isso se explica pelo fato de, neste terceiro tratamento, ter-se vetores fixos das quantidades, de modo que essas informações passam a serem equivalentes, independentemente da base, ou seja:

$$q^t = q^b = q \tag{58}$$

Com isso, do ponto de vista estritamente matemático, algumas fórmulas tornam-se equivalentes. Analisando-se as fórmulas de Lowe, Laspeyres, Paasche, Fisher e Walsh (expressões 9, 12, 14 15 e 18), observa-se que todas se tornam equivalentes quando a expressão (58) é verificada. Em conseqüência, sob hipótese de quantidades constantes, tem-se que:

$$I_{Lowe} = I_{Laspeyres} = I_{Paasche} = I_{Fisher} = I_{Walsh} \tag{59}$$

Assim como no tratamento 2, quando há uma informação incompleta, de p^b ou p^t, por exemplo, e tudo o resto mantido constante, há ocorrência de viés: positivo na ausência do primeiro, e negativo na ausência do segundo; uma vez que causam desfalque na função de agregação, seja pela falta de $p^b q$ (no denominador) e pela ausência de $p^t q$ (no numerador), respectivamente. Há duas soluções básicas para o impasse: a redistribuição dos pesos da base, ou a extrapolação de informações de períodos anteriores aos deficitários.

O primeiro procedimento é o mais utilizado, sendo que um exemplo prático foi descrito no capítulo 4, quando se apresentaram os processos de mudança de base dos índices do Báltico. No caso da necessidade de inclusão de uma nova rota r (com conseqüente surgimento de p_r^t e ausência de p_r^b), essa mesma é inserida na base de

modo que o processo não implique a alteração do índice pela redistribuição dos pesos para as todas as demais rotas.

Esse processo, conseqüentemente, não é capaz de captar a real influência da entrada do preço p_r^t no índice. Se esse for um preço elevado, o índice estará indicando um viés baixista pela não captação desse preço elevado. Caso p_r^t seja um preço baixo, o índice estará indicando um viés altista por não captar o efeito da ocorrência de um valor mais baixo na amostra. Obviamente que, no período subseqüente, a ocorrência de novos aumentos ou reduções em p_r^t, da rota inserida recentemente, serão captados. Ainda assim, a influência original ficou perdida no período anterior.

Quando essas entradas são eventuais, não há maiores problemas, porém, para produtos/serviços com uma freqüência muito grande de entrada e saída no mercado, os vieses podem ser intoleráveis.

No caso dos fretes agrícolas, a grande variabilidade das freqüências dos serviços de transportes que, como se viu, concentram-se fortemente em 3 ou 4 meses de colheita. Sob essas circunstâncias, muito provavelmente, a redistribuição dos pesos, quando da ausência de informações, será uma fonte clara de vieses.

Neste tratamento 3, o resultados dos índices derivados de Lowe, quando não se procede com a redistribuição das ponderações, gera um significativo viés, sendo que seu valor acumulado no período em análise foi igual a 2,8722. A simples desconsideração da necessidade de redistribuição dos pesos é uma fonte ainda mais forte de erros, como se conclui ao analisar esse número elevado. A direção do viés, porém (se positivo ou negativo) dependerá de cada situação real, não sendo possível de ser concluído *a priori.*

No caso dos índices de fretes, a entrada de um grande número de novas informações na amostra nos meses de colheita da soja, claramente ocasionará um incremento no numerador das fórmulas derivadas de Lowe. Por outro lado, nos finais de safra, a baixa freqüência dos preços p^t, tende a causar um viés negativo. Ao longo do tempo esses deverão ir se equilibrando, ora com predominância de um, ora de outro. Pelos resultados obtidos com os índices acumulados, observa-se que o viés altista tem predominado sobre o baixista. Independentemente do resultado final desse balanço, o

fato é que há significativas distorções em meses de alteração na tendência do mercado de fretes.

Imaginando-se que o índice acumulado seja 1,70 (esse foi o resultado aproximado das fórmulas ideais para os tratamentos 1 e 2), pode-se concluir que o índice de Lowe acumulado, desconsiderando-se a redistribuição dos pesos, gerou um viés aproximado de 99,4%, bastante elevado para um período de apenas quatro anos. Como foi mencionado, uma possível correção a esse problema vem da redistribuição dos pesos para ponderação. Para o caso dos índices de frete em questão, a redistribuição dos pesos resultou em um índice acumulado de 1,4843. Novamente, considerando-se um índice acumulado em torno de 1,70, o viés gerado da redistribuição dos pesos, pela ausência de informações, foi de –12,7%, ainda significativo, mas bem abaixo do caso anterior (sem redistribuição dos pesos).

Assim como não é possível se definir *a priori*, e com exatidão, o viés gerado pela não-redistribuição dos pesos, também não o é para a situação em que os pesos são adequadamente redistribuídos para os demais itens, no caso, as demais rotas ou grupos de rotas. Porém, as mesmas observações empíricas (a respeito da ocorrência dos períodos de início de maior movimentação e início de menor movimentação) são válidas na tentativa de explicar o sentido do erro no caso da redistribuição.

Nos períodos de entrada de safra, como em fevereiro ou março, a não existência de informações de p_r^b leva a uma redistribuição nos pesos de modo a incluir essa rota no índice, sem, contudo, ser capaz de captar a presença do preço (p_r^t) mais elevado, causando claramente um viés baixista pela não-captação do efeito de um preço maior. Por outro lado, e seguindo raciocínio análogo, os períodos de final de grande movimentação tendem a causar viés altista pelo maior peso que passa a ser conferido aos preços das rotas que se mantêm no mercado, sem captar o possível efeito de redução sobre as rotas que - pela própria redução nos preços - deixam de serem praticadas. Mais uma vez, os vieses gerados pela falta de informações em períodos imediatamente antecedentes aos de maior movimentação se sobressaem, fazendo com que o viés baixista seja maior ao longo do tempo.

Dessas análises pode-se concluir que, qualquer que seja o processo eleito para se lidar com o problema da falta de informações, a probabilidade de haver um viés qualquer é bastante significativa. Em outras palavras, com os métodos de cálculo de índices tradicionais, parece não haver meios perfeitamente eficientes de se lidar com a entrada/saída periódica de informações no mercado. O próximo tratamento procurou experimentar uma possível solução para esse problema.

6.2.4 Tratamento 4

O quarto tratamento foi caracterizado pela utilização de funções para a obtenção das informações de preço e quantidade utilizadas no cálculo dos índices. Conforme exposto na metodologia, as observações amostradas no mercado são utilizadas para ajustar equações do preço em função da distância percorrida. A variável distância do transporte é escolhida devido a seu papel central na determinação do preço.

Os índices calculados apresentados, resumidamente na Tabela 36. A série completa consta no Anexo C.

Tabela 36. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 4: separados segundo a fórmula de cálculo e tipo de ponderação.

Índice	Fonte de ponderação	Acumulado
Lowe e derivados	MOD*	1,7838
	Sifreca**	1,7670
Törnqvist	MOD*	1,7610
Theil	MOD*	1,7610
Vartia	MOD*	1.7610

Fonte: Sifreca (2002); cálculos elaborados pelo autor.

* Com informações de ponderação (quantidade transportada) originárias da matriz origem-destino.

** Com informações de ponderação (distância) originárias da base de dados do Sifreca.

Os resultados acumulados no período apontam para índices que ficaram entre 1,7610 e 1,7838, portanto com uma variação máxima de 1,3%.

Interessante destacar que foram utilizadas informações de ponderação distintas para os índices derivados de Lowe. Apesar disso, a sua variação foi bastante reduzida: de apenas –0,9% quando se passou da ponderação obtida pela matriz origem-destino para a ponderação obtida pelas informações da base de dados do Sifreca. É um resultado bastante interessante. Ressalta-se que a matriz foi elaborada com dados de produção e consumo da soja, enquanto que as informações do Sifreca refletem amostras reais de fretes praticados. Portanto, apesar de fontes distintas, chegou-se a resultados semelhantes, com indícios de que ambas são fontes razoáveis de representação da distribuição das rotas.

Outro resultado que chama a atenção foi a equivalência dos resultados obtidos com as fórmulas de Törnqvist, Theil e Vartia. A explicação para isso reside no fato de que as quantidades são mantidas constantes em b e t, de modo que matematicamente as fórmulas apresentam os mesmos resultados.

A esse respeito, bem como em relação à formula que se convencionou de "Lowe e derivados", deve-se deixar clara a ressalva de que, pela essência teórica, todas as fórmulas (à exceção da de Lowe propriamente dita) prevêem a possibilidade de quantidades diferentes em b e t, sendo que essa diferença seria, exatamente, o ponto de maior contribuição das mesmas. Contudo, do ponto de vista estritamente matemático, expôs-se que as fórmulas de Laspeyres, Paasche, Fisher e Walsh tornam-se equivalentes quando as quantidades em b e t também o são. Por esse motivo, passaram a ser denominadas genericamente de "Lowe".

As iniciativas de construção de índices insistem em denominar essas fórmulas como de Laspeyres, ou mesmo Laspeyres Modificado. Essa concepção não parece a mais adequada, uma vez que as ponderações não estão sendo dadas pelas informações da base, exatamente (como prevê a fórmula na sua essência), mas sim por algum sistema que permitiu a obtenção de informações de ponderação que passam a ser tomadas como fixas sem, necessariamente, terem sua origem no período base. Pelo contrário, são obtidas, na maior parte, por amostras históricas de distribuição. Isso ocorreu no caso de alguns índices dos tratamentos 3 e 4 do estudo de caso.

Pelo fato de ter sido o economista Lowe um dos primeiros a ter proposto a ponderação fixa, sem levar em consideração o período base, imagina-se que esse deve ser o homenageado quando da denominação dos índices.

Diante dos resultados, tem-se, na realidade, dois tipos de índices: o de Lowe (e derivados) e o equivalente a Törnqvist/Theil/Vartia. O segundo grupo é caracterizado por índices geométricos ponderados. Como Leo Törnqvist foi o precursor dessa linha de raciocínio, seu nome é sugerido para denominar o índice. Portanto, têm-se dois índices: o de Lowe e o de Törnqvist. A comparação entre os valores acumulados entre ambos já mostrou que seu resultado foi bastante aproximado para o período completo, com um pequeno desvio de 1,3%. Analisando-se os períodos anuais ambos sobre a base de ponderação da MOD, chega-se a diferenças percentuais de 0,5% (em 1998), -0,93% (em 1999), 0,7% (em 2000) e 1,4% (em 2001). Portanto, diferenças inferiores a 1,5%, para mais ou para menos.

Em síntese, com as informações obtidas, pode-se dizer que a variação acumulada do preço do frete para a soja a granel no Brasil entre fevereiro de 1998 e março de 2002 foi de 76%.

A conclusão sobre qual das fórmulas é a mais adequada - dentre a de Lowe e a de Törnqvist - pode vir tanto da observação empírica quando dos preceitos teóricos. A comparação entre os resultados das diversas situações fornece a resposta empírica. Na Tabela 37 são ilustradas as comparações entre os índices de Lowe e Törnqvist do tratamento 4, com os índices considerados superiores de cada um dos demais três tratamentos.

No tratamento 1, os índices superiores foram: Fisher, Walsh, Theil, Törnqvist e Vartia. A diferença entre eles foi bastante pequena, de modo que sua escolha pode ser arbitrária. Elege-se, para comparação com os índices do tratamento 4, o Índice de Fisher, por ser o mais consagrado na literatura.

No tratamento 2, surge o problema da falta de informações completas, o que incorre em fortes vieses para alguns índices. Os índices ideais continuam sendo os superiores. A exceção é o de Fisher que, por ser derivado de Laspeyres e Paasche (que são altamente enviesados pela falta de informações), acaba sendo prejudicado. Walsh,

Törnqvist e Theil continuam como os mais indicados. No entanto, os dois últimos só podem ser calculados mediante a adoção de hipóteses para a solução das inconsistências matemáticas originadas pela falta de dados. Essas hipóteses, fatalmente levam a vieses, por menores que sejam. O Índice de Walsh desponta como superior e, de fato, as análises de correlação com seu correspondente do tratamento 1 o reforçam como o mais indicado. Diante dessas evidências, Walsh é eleito o índice para servir de comparação com o tratamento 4.

No terceiro tratamento, continua presente o problema da falta de informações. Mas essa carência é amenizada pela consideração de um sistema fixo de ponderações, o que resolve a falta de informações de quantidade, mas mantém o problema da inexistência periódica dos preços. Nesse tratamento, assim como no quarto, as fórmulas acabam sendo reduzidas às de Lowe e seus derivados, e às dos índices geométricos ponderados (Törnqvist e Vartia). Como já mencionado, os índices geométricos exigem a presença de informações completas (p^b e p^t) de preços, de modo que só são passíveis de cálculo mediante a imposição de hipóteses. Resta o Índice de Lowe. Esse pode ser calculado sem a redistribuição dos pesos, o que gera vieses enormes, pelos motivos apresentados anteriormente; ou com a redistribuição dos pesos, que é o procedimento clássico adotado pelos elaboradores de índice para a alteração dos índices pela entrada/saída/substituição de itens. Esse é considerado o índice superior do tratamento 3, ainda que claramente traga consigo vieses, conforme já analisado. Assim, o índice de Lowe (com redistribuição de pesos) é o escolhido para comparação com os índices do tratamento 4.

Os resultados das comparações são mostrados na Tabela 37.

Tabela 37. Variações entre os índices de Lowe e Törnqvist do tratamento 4, e os índices superiores (índices de referência) dos demais tratamentos.

Período	Tratamento 4 x Tratamento 1 (%)		Tratamento 4 x Tratamento 2 (%)		Tratamento 4 x Tratamento 3 (%)	
	Lowe	Törnqvist	Lowe	Törnqvist	Lowe	Törnqvist
fev/98-fev/99	3,4	2,9	6,3	5,8	14,5	14,1
fev/99-fev/00	2,9	3,8	7,2	8,1	21,7	22,4
fev/00-fev/01	0,3	-0,3	-6,5	-7,2	-7,5	-8,2

Tabela 37. Variações entre os índices de Lowe e Törnqvist do tratamento 4, e os índices superiores (índices de referência) dos demais tratamentos.

Período	Tratamento 4 x Tratamento 1 (%)		Tratamento 4 x Tratamento 2 (%)		Tratamento 4 x Tratamento 3 (%)	
	Lowe	Törnqvist	Lowe	Törnqvist	Lowe	Törnqvist
fev/01-fev/02	-4,3	-5,7	-0,3	-1,6	-15,8	-17,4
fev/98-mar/02	1,3	0,1	4,1	2,9	16,8	15,7
Média	1,6	0,8	3,0	2,2	7,0	6,3

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados das tabelas do Anexo C.

Na comparação entre os tratamentos 1 e 4, teve-se que a variação entre o Índice de Lowe e o índice de referência foi maior que a do Törnqvist em apenas um (fevereiro de 1998 a fevereiro de 1999) dos quatro anos analisados. No entanto, no período completo (fevereiro de 1998 a março de 2002) a variação acumulada foi maior no índice de Lowe (1,3%). Na média, as variações anuais de Lowe foram maiores, resultado esse que aponta o Índice de Törnqvist como preferível.

No confronto entre os índices de Lowe e Törnqvist do tratamento 4 com o índice referência do tratamento 2, teve-se que o de Lowe apresentou, novamente, maior desvio em apenas um dos quatro anos considerados. Mas, no acumulado para todo o período, Lowe continua sendo o mais destoante (4,1% contra 2,9%). Na média, seus desvios também prevalecem (1,7% contra 1,3% de Törnqvist). Desse modo, o índice de Törnqvist continua preferível.

Finalmente, na comparação entre os índices do tratamento 4 com o do 3, prevalece a superioridade do índice de Törnqvist, ainda que seus desvios tenham sido levemente maiores em três dos quatro anos. No período completo sua diferença com o índice referencial acabou sendo menor (2,7% contra 3,2% de Lowe). O mesmo acontecendo para a média dos desvios (6,3% contra 7,0% de Lowe).

Essa seria a avaliação empírica, *a posteriori*.

Do ponto de vista teórico, que caracteriza a avaliação *a priori* de um índice, tem-se a Tabela 14, que procurou estabelecer um *ranking* dos índices segundo os diferentes enfoques teóricos e, inclusive, sob o enfoque integrado, que seria uma conjugação dos demais.

Uma vez que Lowe está sendo considerado uma derivação de outros índices que se localizam tanto à frente quanto abaixo do Índice de Törnqvist na tabela mencionada, a sua observação não permite uma conclusão imediata. De fato, não há como se afirmar com certeza que um índice é melhor ou pior que outro do ponto de vista integrado. Aquela sistematização procura apenas facilitar a visualização.

Além disso, como o índice que se passou a chamar de Lowe pode ser visto como uma família de índices que, dependendo do enfoque, são considerados superiores ou não, torna-se difícil concluir sob o ponto de vista teórico exclusivamente.

Pela relativa predominância do Índice de Törnqvist sobre o Índice de Lowe do ponto de vista empírico para a base de dados utilizada, sugere-se que o primeiro deva ser o mais recomendado para utilização prática. Porém, essa recomendação deve ser vista com ressalva, tendo-se sempre em mente que a validação de um índice sempre deverá prever sua avaliação *a posteriori*.

6.3 Considerações finais

Após a apresentação dos resultados de cada um dos tratamentos, procura-se compilar as principais informações obtidas. Na Tabela 38 é ilustrada uma síntese dos resultados de índices selecionados em cada um dos tratamentos para cada período, juntamente com algumas rotas relevantes selecionadas para referência.

Tabela 38. Síntese dos resultados dos tratamentos do estudo de caso com rotas selecionadas para comparação.

Tratamento	Índice	Hipótese/Fonte	fev/98-fev/99	fev/99-fev/00	fev/00-fev/01	fev/01-fev/02	fev/98-mar/02
Tratamento 1	Lowe		1,1295	1,0970	1,0880	1,2630	1,8062
	Fisher		1,1100	1,0907	1,0898	1,2483	1,7600
	Walsh		1,0985	1,0845	1,0990	1,2499	1,7488
	Törnqvist		1,1098	1,0891	1,0866	1,2480	1,7519
	Theil		1,1019	1,0859	1,0954	1,2493	1,7499
	Vartia		1,1022	1,0860	1,0949	1,2492	1,7496
Tratamento 2	Lowe		1,3187	0,8764	1,1235	1,4188	2,1221
	Fisher		1,2133	0,8544	1,1084	1,3620	1,7893
	Walsh		1,0771	1,0421	1,1645	1,2002	1,7107
	Törnqvist	Eliminação	1,0607	1,0399	1,1346	1,1571	1,5719
		Suposição	1,0674	1,0584	1,1752	1,2476	1,8190
	Theil	Eliminação/Suposição	1,0577	1,0358	1,1314	1,1546	1,5478
	Vartia		1,0771	1,0425	1,1631	1,1976	1,7063
Tratamento 3	Lowe (e derivados)	Sem redistribuição de pesos	1,3551	0,9366	1,2684	1,4524	2,8722
		Com redistribuição de pesos	0,9827	0,8800	1,1755	1,3868	1,4843
	Törnqvist	Eliminação	0,9738	0,8530	1,1352	1,3287	1,3086
Tratamento 4	Lowe (e derivados)	MOD	1,1493	1,1233	1,0933	1,1972	1,7838
		Sifreca	1,1476	1,0941	1,1001	1,2213	1,7670
	Tornqvist	MOD	1,1437	1,1337	1,0863	1,1807	1,7610
	Theil		1,1437	1,1337	1,0863	1,1807	1,7610
	Vartia		1,1437	1,1337	1,0863	1,1807	1,7610
Campo Novo do Parecis MT - Rondonópolis MT		Sifreca	1,0265	1,3000	0,9578	1,2098	1,7285
Diamantino MT - Rondonópolis MT			1,2324	1,1216	1,0288	1,2151	1,9052
Londrina PR - Paranaguá PR			1,0113	1,0604	1,1224	1,0526	1,2670
Londrina PR – Ponta Grossa PR			1,0431	1,1652	1,0740	0,7661	1,1292
Nova Mutum MT - Rondonópolis MT			1,0673	1,2521	0,9737	1,2562	1,8421
Ponta Grossa PR - Paranaguá PR			0,8261	1,1541	1,1547	0,8914	1,1786
Primavera do Leste MT - Paranaguá PR			1,3285	0,9266	1,0938	1,5335	2,0722
Sorriso MT – Paranaguá PR			0,9844	1,0791	1,1026	1,4468	1,7290

No tratamento 1, a utilização das 17 fórmulas estudadas mostrou claramente que as chamadas ideais (Fisher, Walsh, Törnqvist, Theil e Vartia) apresentaram resultados bastante próximos entre si para todos os períodos, chegando a um índice acumulado próximo de 1,76 para o período completo. Isso significa que a variação acumulada no nível geral dos preços do frete da soja entre fevereiro de 1998 e março de 2002 teria sido de 76%, aproximadamente.

Nos tratamentos 2 e 3 passou-se a lidar com o problema de informações incompletas de preços. Essa realidade é decorrente da maior desagregação das observações em mais sub-ítens. No primeiro tratamento, as ponderações originam-se da base de dados disponíveis e referem-se às distâncias dos fretes. No tratamento 3, as ponderações foram obtidas a partir de uma matriz origem-destino construída para tal fim.

Os resultados do tratamento 2 foram mais favoráveis para os índices de Walsh e Fisher. Segundo esses, a variação acumulada nos preços teria sido entre 71% e 78%. Os demais índices superiores, como Törnqvist e Theil, por serem geométricos, exigem hipóteses para tratar a falta de informações, gerando distorções maiores. Os resultados do tratamento 3 também refletem o problema da falta de informações, mesmo com a redistribuição dos pesos para a ponderação.

No tratamento 4, as fórmulas acabam se reduzindo a dois grandes grupos, que apresentaram um resultado entre 76% e 78% para a variação no preço do frete da soja.

De um modo geral, há uma convergência razoável entre os valores dos índices nos tratamentos, apesar das suas particularidades.

As informações sobre as rotas específicas mostram que, apesar de uma tendência semelhante, há diferenças significativas entre os seus preços praticados. Aquela de menor variação foi a de Londrina (PR) – Ponta Grossa (PR), com uma variação acumulada de quase 13%. Por outro lado, a rota cujo preço sofreu a maior variação foi a de Primavera do Leste (MT) – Paranaguá (PR), com uma variação de 107%.

Na Tabela 39, apresentam-se as principais observações qualitativas sobre os tratamentos e sua aplicação empírica. Os comentários a seu respeito são apresentados no capítulo conclusivo.

Tabela 39. Resumo das principais observações resultantes dos tratamentos.

Observações	Tratamento			
	1	2	3	4
Ponderação	Distância	Distância	Produção escoada	Distância e Produção escoada
Índice referência	Fisher	Walsh	Lowe (com redistribuição de pesos)	Törnqvist
Índice acumulado	1,7600	1,7107	1,4843	1,7610
Efeito negativo da escassez de informações	Média	Alta	Alta	Baixa
Dificuldade de operacionalizar o processo de amostragem	Média	Alta	Muito alta	Média
Visibilidade obtida por meio dos sub-índices	Baixa. Sub-índices relacionados apenas a faixas de distância	Média. Sub-índices relacionados a faixas de distâncias e grupos de rotas, tendo estados como origem e destino	Alta. Sub-índices relacionados a faixas de distância e grupos de rotas, tendo regiões bem definidas de origem e destino	A precisão dos modelos de previsão de sub-índices específicos está condicionada aos comportamentos desses fretes, devendo ser avaliada econometricamente dentro dos níveis de significância desejados
Qualidade esperada para o índice geral	Adequada	Baixa. Diante da falta de informações há a necessidade de extrapolação (estabelecimento de hipóteses) de períodos precedentes ou posteriores, ou a redistribuição das ponderações, gerando vieses		Adequada

7 CONCLUSÕES

O estudo da Teoria dos Números-Índice, apoiado pelos fundamentos teóricos da formação do preço do frete, permitiu o desenvolvimento de uma metodologia capaz de atender, de modo satisfatório, aos preceitos esperados de um índice de preço para o transporte de cargas agrícolas e agroindustriais.

A significativa sazonalidade nos preços desse serviço e o fato de que a relação entre esses preços e o preço do próprio produto é, geralmente, bastante elevada, faz com o conhecimento da informação a respeito desses fretes e sua evolução seja relevante. Essa importância pode ser percebida tanto no meio de negócios (por agentes transportadores, embarcadores etc.), como no meio acadêmico e político (para a realização de pesquisas, planejamento público etc.).

Segundo as informações levantadas[74], a relação entre o preço do frete e o do produto transportado pode chegar a 30%. Em termos de oscilação dos preços do frete, obteve-se informações[75] de elevação de 60% para algumas rotas específicas, em questão de apenas um mês, tomando o transporte de soja como exemplo. A concentração da colheita desse produto em alguns períodos é a responsável por isso. Na safra 2000/01, 83% da produção foi colhida em março e abril[76].

Os índices de preço são informações econômicas com uma série de utilidades, sendo capazes de sintetizar a variação do nível de preços de diversos produtos e serviços conjuntamente. Entretanto, esse esforço de agrupamento deve ser acompanhado por uma

---

[74] Tabela 1 da página 11.
[75] Figura 4 da página 14.
[76] Figura 3 da página 14.

sistematização metodológica que resulte em um número mais próximo possível da realidade, dado que o nível de preços é uma informação não-observada.

A elaboração de um índice de preço tem, como conseqüência, que seguir alguns preceitos teórico-metodológicos, baseados nas chamadas aproximações, que sejam capazes de originar um número satisfatório. Esse número deve refletir a percepção dos agentes em relação ao comportamento real dos preços. Essas aproximações - conjuntos de premissas teóricas que contribuem na construção racional dos índices - podem ser divididas em três grupos, também denominados de enfoques: axiomático, estatístico e econômico. Os autores evoluíram no sentido de considerar esses enfoques de modo conjunto, chegando-se ao que se convencionou de enfoque integrado.

O estudo das principais fórmulas utilizadas na elaboração dos índices culminou com a apresentação de um *ranking*[77] segundo sua superioridade no atendimento às aproximações. Conclui-se que os índices de Fisher e Walsh são aqueles capazes de atender ao maior número de preceitos lógicos, estatísticos e econômicos. Em seguida surgem os índices geométricos de Vartia, Törnqvist e Theil. Do ponto de vista teórico, esses cinco índices são os mais recomendados. Os índices de Laspeyres e Paasche, apesar de apresentarem algumas sérias limitações, acabam sendo mais amplamente utilizados devido à sua maior operacionalidade, em especial o primeiro, que exige informações de quantidade - para ponderação - apenas no período adotado como base (*b*). Esses dois índices fornecem os limites dentre os quais espera-se encontrar a variação real do nível de preços.

A pesquisa sobre os índices existentes para o transporte no âmbito nacional e internacional ratifica a idéia de que o Índice de Laspeyres é o mais utilizado. Praticamente todos – a exceção de um – utilizam-no na elaboração dos indicadores[78]. Essa análise ainda mostrou que os índices geralmente são elaborados com rotas bem definidas - que não passam de pouco mais de uma dezena – para modais e tipo de carga bem definidos. Outras experiências interessantes referem-se aos índices que, na

[77] Tabela 12 da página 68.
[78] Tabela 18 da página 104

realidade, são de custo e não de preço do transporte, elaborados a partir de planilhas contábeis.

A presente pesquisa apresentou um estudo de caso objetivando avaliar as variações nos procedimentos possíveis para a elaboração dos índices. A utilização de um estudo específico é justificada pela necessidade de se avaliar empiricamente a construção dos índices. Foi escolhido o transporte rodoviário da soja a granel no Brasil, no período entre 1998 e 2002.

Uma importante conclusão que se chegou, tanto pelo estudo da teoria quanto da constatação prática, é a de que além do fundamento teórico, um índice sempre deve ser testado empiricamente. Isso, dado que sempre será uma simplificação ou uma aproximação a um número representativo de um conjunto de elementos que podem evoluir de forma distinta.

O objetivo sempre será a obtenção do melhor índice com o processo amostral possível de ser implementado. Deve-se balancear entre o ótimo e o factível. A carência de informações é uma realidade presente na maioria dos projetos de elaboração de índices e deve ser tratada de modo a não prejudicar o resultado final.

A falta ou indisponibilidade da informação não é devida, necessariamente, ao problema amostral. Em diversas circunstâncias, determinada informação simplesmente pode não ter ocorrido. Esse é um ponto que há muito inquieta os estudiosos dos números-índice: a entrada e/ou saída de informações na amostra pode gerar variações no índice não-decorrentes da variação no nível de preços, mas sim, da mera combinação distinta das informações disponíveis. Essa indisponibilidade de informações é representada por uma descontinuidade - ao longo do tempo - no nível de preço dos fretes para determinadas situações (itens). Tal descontinuidade pode decorrer da sazonalidade característica da logística de transporte dos produtos de origem agrícola.

A forma encontrada para o tratamento dessa descontinuidade foi a utilização de funções que tivessem o preço que se deseja medir determinado por características controláveis (e observáveis), tais como o tipo de carga, a sua quantidade, acondicionamento, a localidade de origem, de destino, a distância etc.

Foram, assim, realizados quatro tratamentos objetivando entender o comportamento dos dados e o resultado da aplicação da metodologia de construção dos índices sobre os mesmos[79]. Os tratamentos 1 e 4 mostraram-se mais adequados para a obtenção de um índice para o nível geral dos preços. O primeiro, entretanto, apresenta baixa capacidade de fornecer informações menos desagregadas (sub-índices), uma vez que apresenta apenas agrupamento por faixas de distância.

O quarto tratamento, por utilizar previsões para os preços a partir das distâncias, deve ser considerado com ressalvas no fornecimento de sub-índices específicos. É importante que sejam estipulados intervalos de confiança para esse processo. A principal vantagem que se espera desse tratamento é o conhecimento do nível geral dos preços sem perda de informações. Esse tratamento, sob o ponto de vista das aproximações, parece bastante razoável: atende à maior parte dos testes axiomáticos, utiliza fundamentos econométricos (portanto, estatísticos) para a obtenção dos índices e - talvez o mais importante -, utiliza uma função econômica que, estimada, fornece uma relação entre preço (p) e quantidade (q), atendendo ao consagrado critério funcional.

Os tratamentos 2 e 3, por sua vez, procuraram, por meio da desagragação, dispor de uma maior riqueza de informações, apresentando sub-índices por faixas de distância e regiões de origem e destino. Contudo, essa vantagem implica um esforço significativamente maior no processo de amostragem. A principal conseqüência de se trabalhar com informações incompletas é a ocorrência de sérias distorções (vieses) nos resultados finais, ou seja, no valor do índice agregado.

Em relação à escolha da base de cálculo para os índices, a natureza do mercado de fretes de produtos agrícolas indica que essas deverão estar atreladas a alguns períodos críticos de movimentação, tais como o início da safra (março, para soja, por exemplo). Além de um mês crítico, a informação da variação de um determinado mês em relação ao seu antecessor imediato também pode ser interessante, o que também justificaria sua utilização como base.

Diz-se que a flexibilidade na escolha da base é relativa porque estará sempre relacionada ao vetor de ponderação dos preços a ser adotado. Na pesquisa foram testadas

[79] Os principais resultados são sintetizados no item 6.3.

duas possibilidades: utilizando a própria amostra como fonte das informações para ponderação (que no caso disseram respeito às quantidades de quilômetros viajados, ou seja, a distância percorrida); ou utilizando informações exógenas (no caso, a partir de uma matriz origem-destino que foi construída para esse fim). A diferença nos resultados dos dois métodos foi bastante pequena (não chegando a 1% para o acumulado nos 56 meses[80]).

Recomenda-se a utilização de matrizes origem-destino como fonte de informações para ponderação, baseando-se no argumento de que isso diminuiria a responsabilidade sobre o processo amostral que, além dos preços, também deveria fornecer as quantidades movimentadas. Os sistemas de estatísticas atuais estão razoavelmente avançados, de modo que já se pode dispor de dados confiáveis e em tempo satisfatório, das quantidades produzidas e consumidas nas distintas origens e destinos, respectivamente.

A realização da pesquisa permitiu a obtenção da variação acumulada no nível geral de preços para o transporte rodoviário de soja no Brasil no período entre fevereiro de 1998 e março de 2002. De acordo com os resultados dos tratamentos 1 e 4 essa variação teria sido de 76%[81].

Finalmente, listam-se alguns pontos identificados no trabalho como merecedores de maiores esforços de futuras pesquisas.

Estudos para a definição de processos amostrais adequados para o levantamento de observações visando a construção dos índices de preços de fretes são recomendados. Na presente pesquisa o processo amostral foi considerado como dado. Em vista da relevância do mesmo para a elaboração dos indicadores, pesquisas adicionais deveriam ser fortemente estimuladas.

Seria interessante que a metodologia proposta viesse a ser aplicada e, eventualmente, adaptada para outros produtos e/ou modais de transporte. Nesse mesmo sentido, os estudos poderiam culminar com a aplicação da metodologia visando obter

---

[80] Página 187.
[81] Tabela 36 página 186.

um índice para mensurar a evolução geral do nível de preços dos fretes dos principais produtos agrícolas no Brasil e, se possível, para cargas das mais diversas naturezas.

Apesar de já se dispor de informações sobre o efeito dos custos logísticos nos preços finais dos produtos agrícolas, mais pesquisas nesse sentido certamente contribuiriam no sentido de se conhecer melhor essa relação que, como sabido, é bastante significativa. Especialmente, os efeitos deveriam ser estimados ao longo do tempo, avaliando séries históricas em períodos de safra e entressafra.

O reconhecimento da importância dessa relação e, diante da incerteza do comportamento futuro dos preços de produtos e seu frete, maiores estudos visando o gerenciamento do risco de preços em ambos mercados seriam fundamentais. A própria utilização dos mercados futuros para fretes poderia ser uma alternativa. É importante ressaltar que os projetos de elaboração de índices de frete, mais precisamente para o transporte marítimo de cargas, sempre estiveram bastante relacionados com as tentativas de estabelecimento desses mercados. Há diversas contribuições na literatura que poderiam ser utilizadas em trabalhos futuros. Alguns desses trabalhos inclusive foram consultados para a realização da presente pesquisa[82].

Em direção semelhante, estudos sobre a viabilidade do estabelecimentos de contratos privados de prestação de serviço entre embarcadores e transportadores deveriam ser explorados visando uma melhor coordenação da atividade. Essa organização dos agentes também pode contribuir para amenizar problema da forte variabilidade dos preços. Nesse contexto, os índices de preço poderiam contribuir como balizadores dos valores contratados.

A construção de matrizes origem-destino é outra linha de pesquisa que precisa ser incentivada. São informações básicas de grande importância para diversos trabalhos relacionados a transportes. Com a eventual elaboração de índices para outros produtos e/ou modais, essas matrizes serão requeridas. A metodologia aplicada neste estudo pode

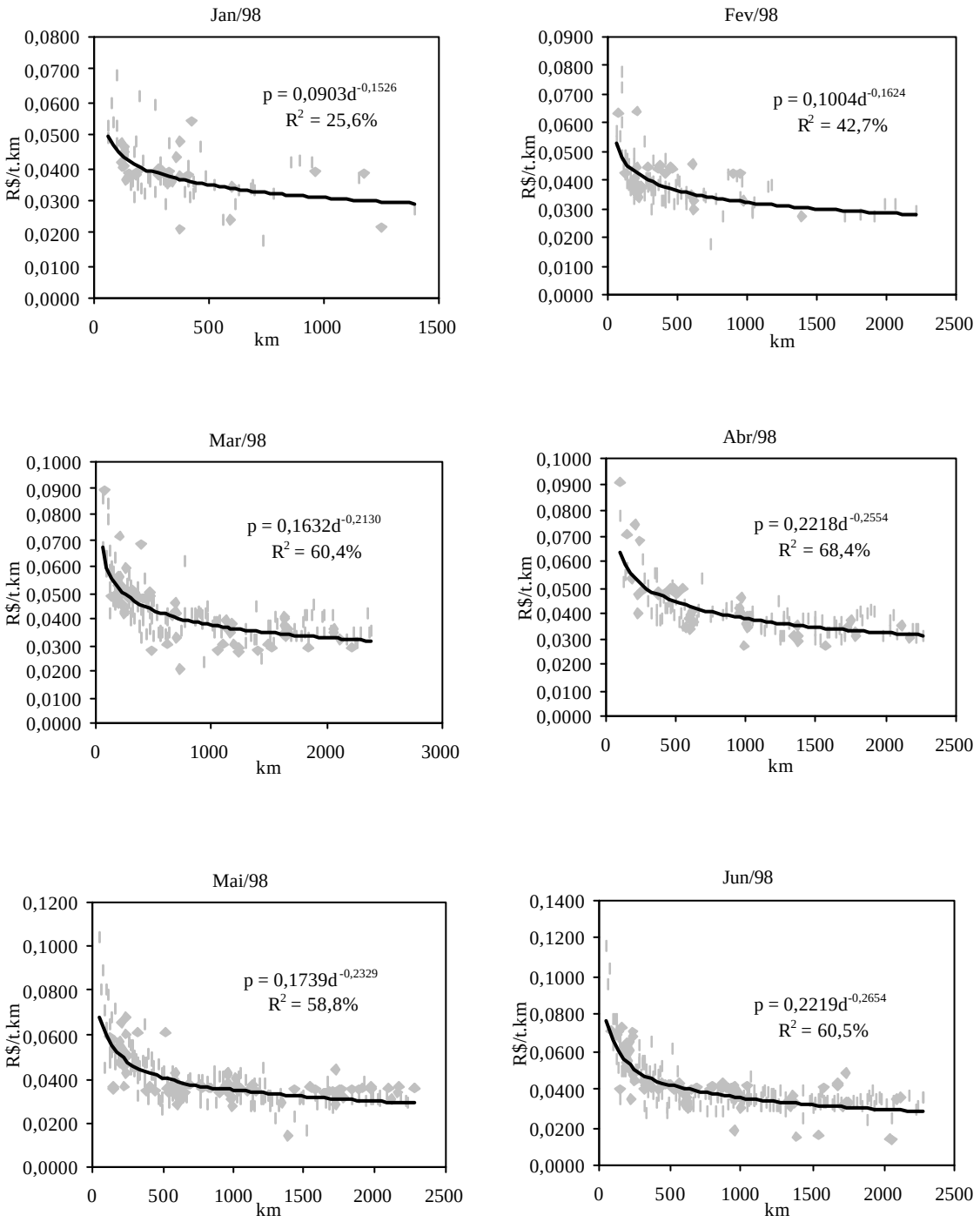
[82] São exemplos: Kerr (1972), Cullinane (1992), Denning et al. (1994), Kavussanos (1996), Li & Parson (1997), Veenstra & Franses (1997), Kavussanos (1997), Tvedt (1998), Wilson et al. (1998), Kavussanos & Nomikos (1999), Cullinane et al. (1999), Haigh (2000), Haigh & Holt (2000), Xin (2000), Kavussanos & Alizadeh (2000), Kavussanos & Nomikos (2000a), (2000b) e (2000c), Kavussanos & Alizadeh (2001), Haigh & Bryant (2001).

ser adaptada e ajustada, em especial na definição dos percentuais escoados para cada destino por tipo de via de acesso.

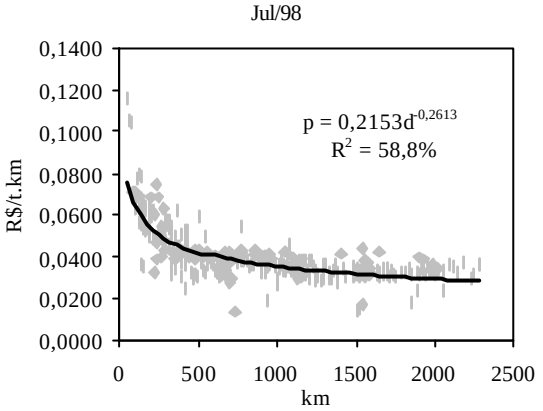
Uma outra linha de investigação interessante seria a de confrontar os resultados dos índices de preço do frete com os dos índices de custo do transporte (índices da Fipe, por exemplo). Com essa comparação ter-se-ia um acompanhamento do desempenho dos negócios dos transportadores ao longo do tempo, o que certamente seria de grande valia para os mesmos.

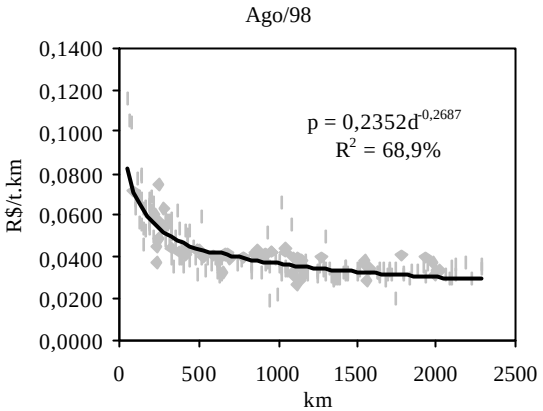
ANEXOS

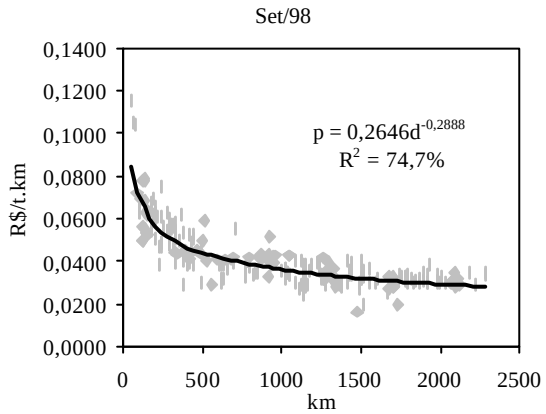
ANEXO A - Ilustração dos ajustes e modelos econométricos: *p = f(d)*.

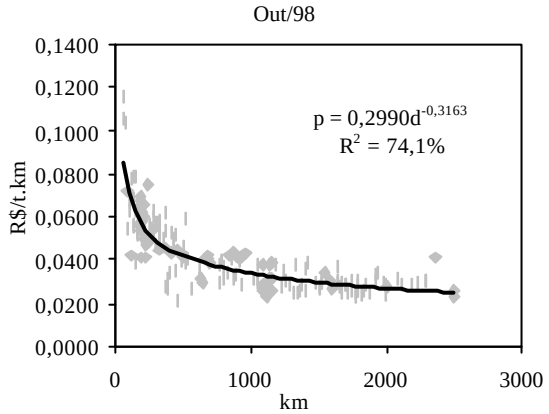


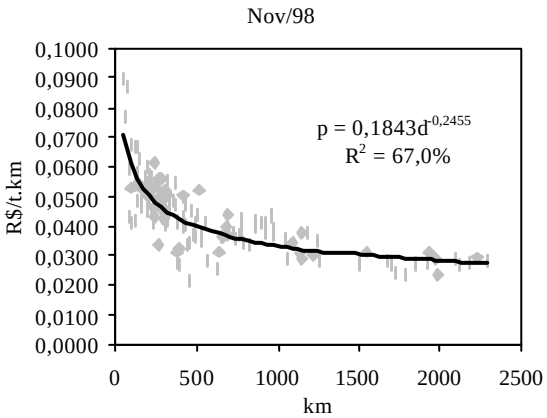
ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d).*

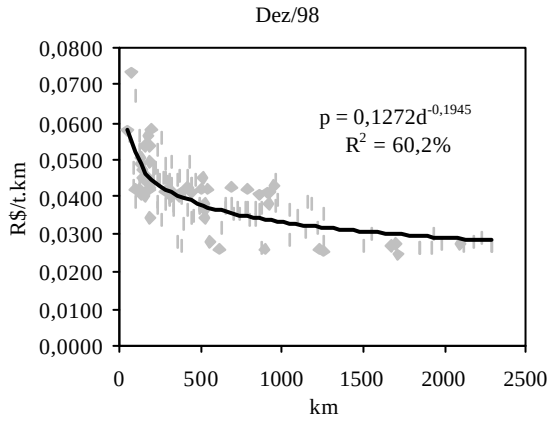




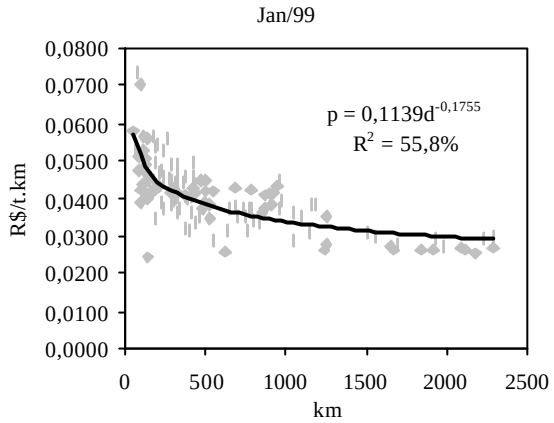


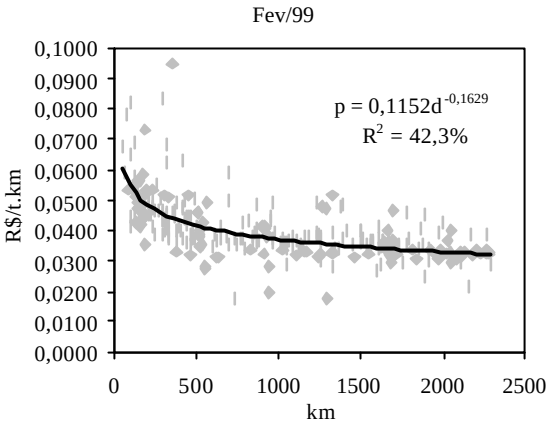


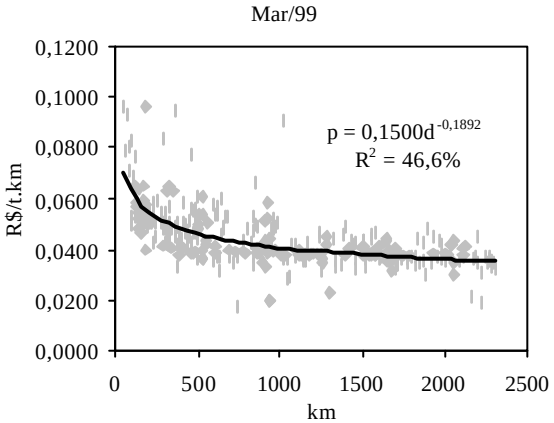


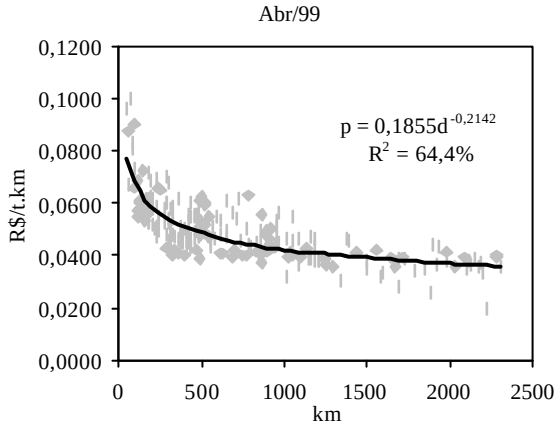


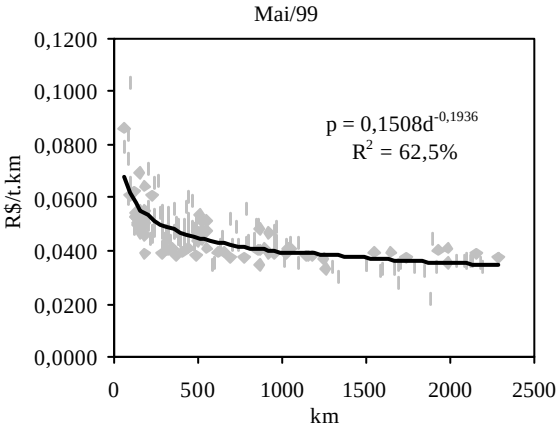
ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d)*.

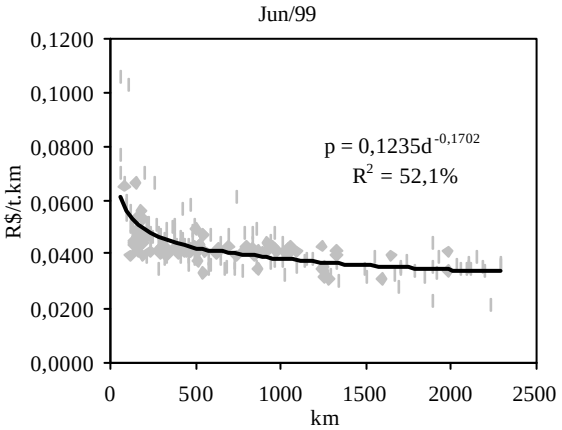




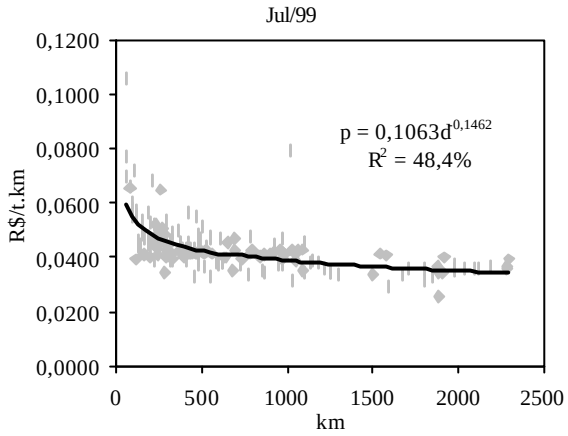


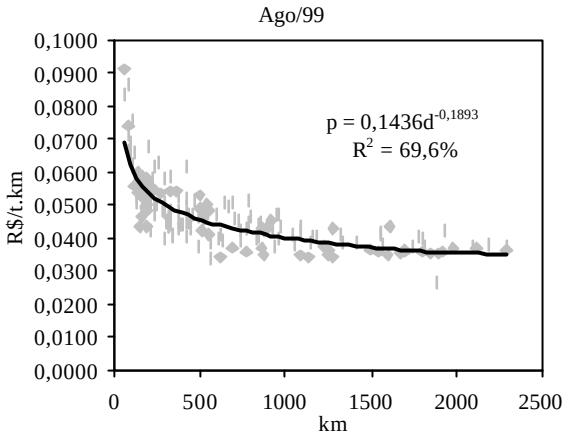


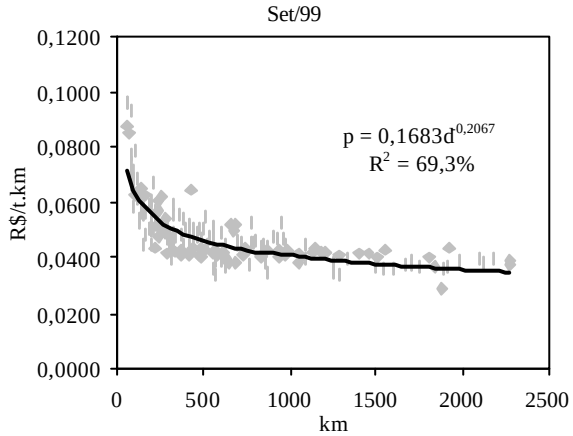


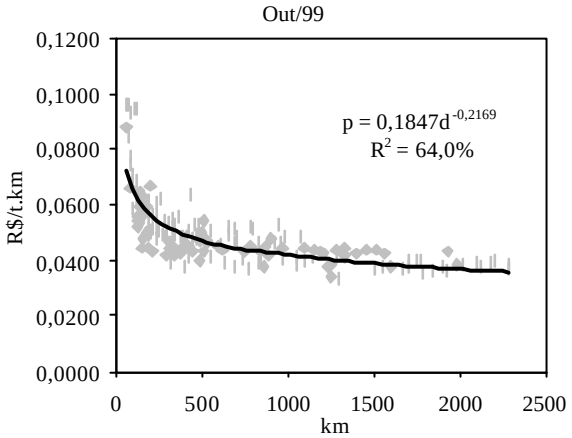


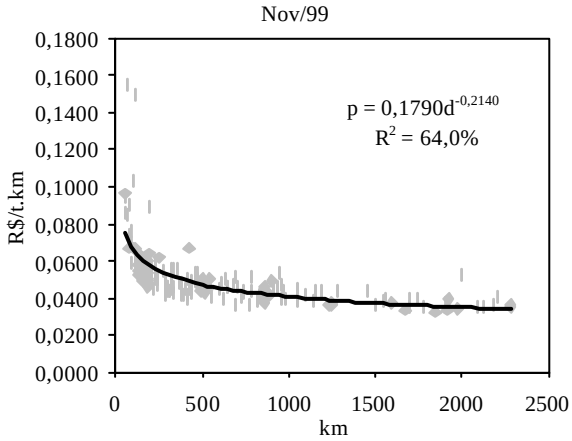
ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d).*

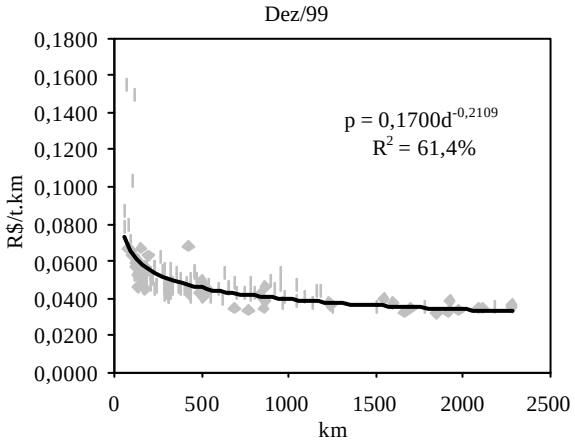




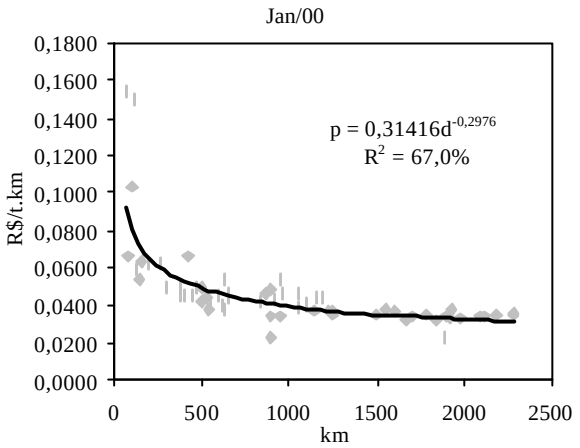


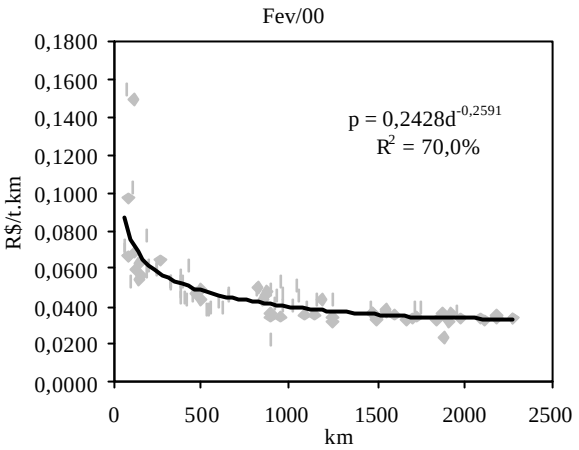


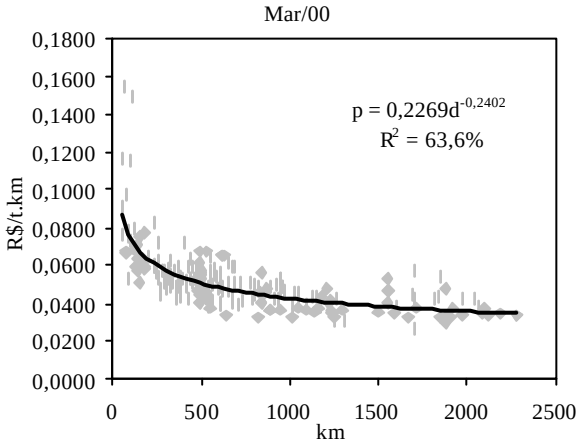


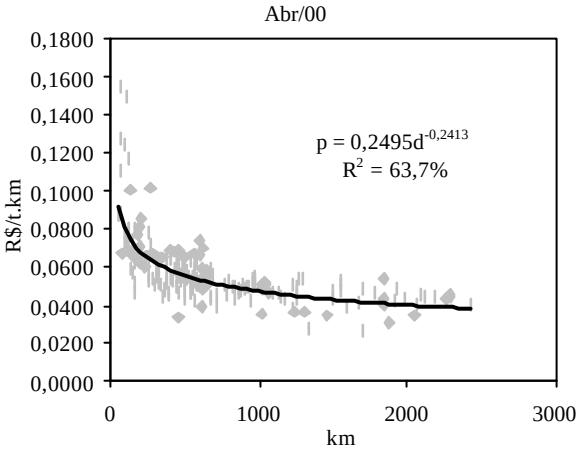


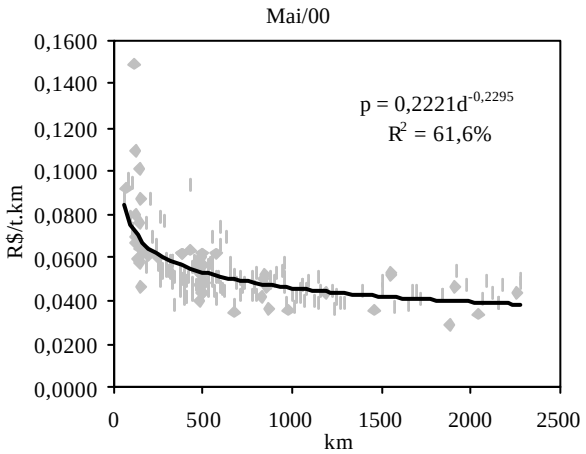
ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d)*.

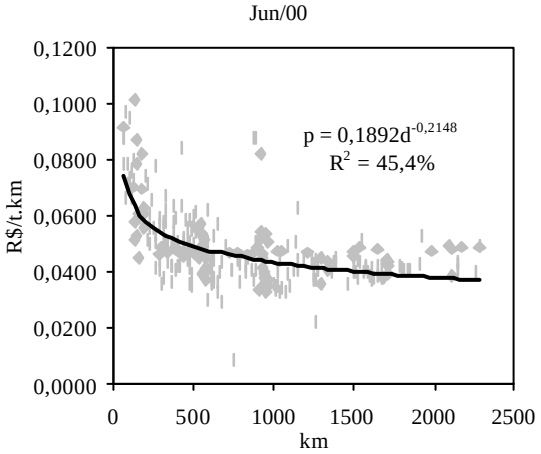




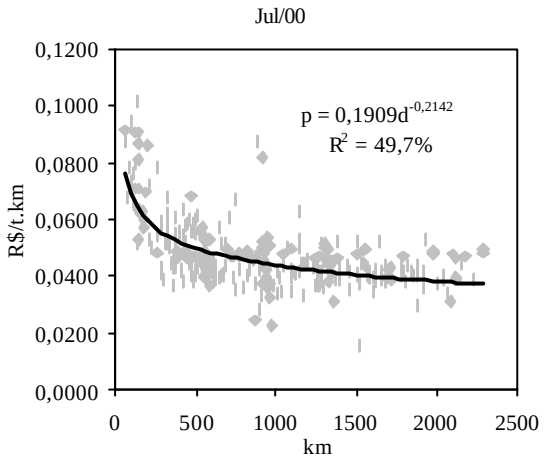


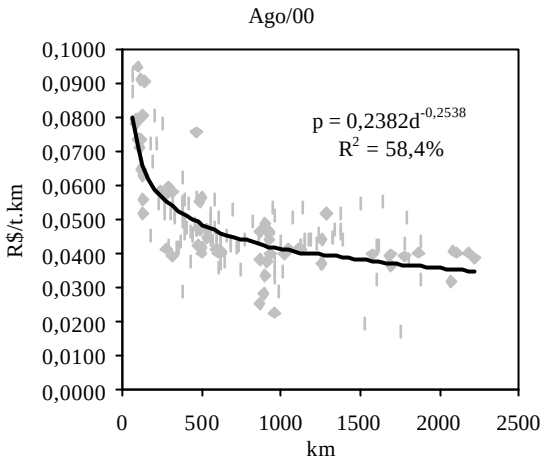


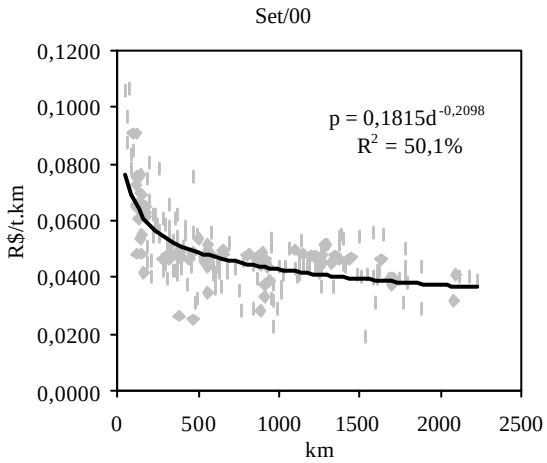


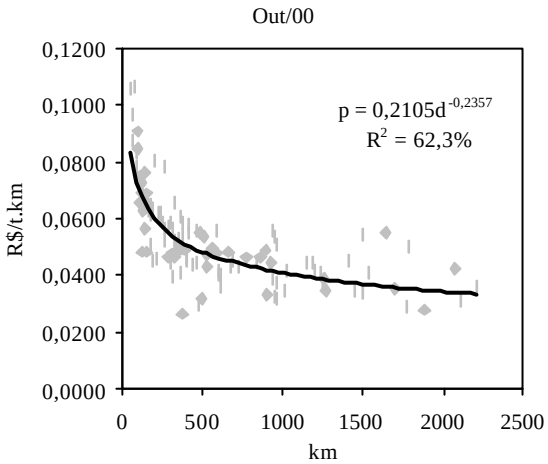


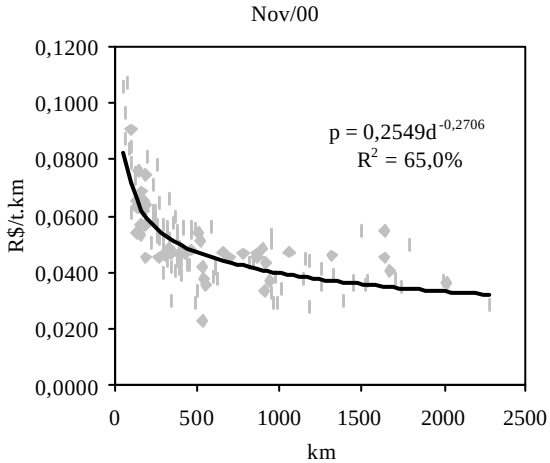
ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d).*

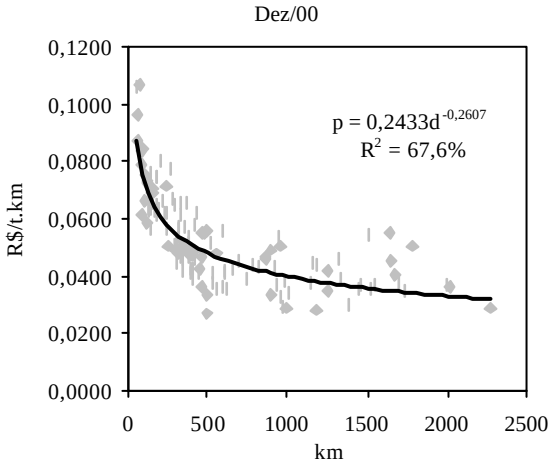




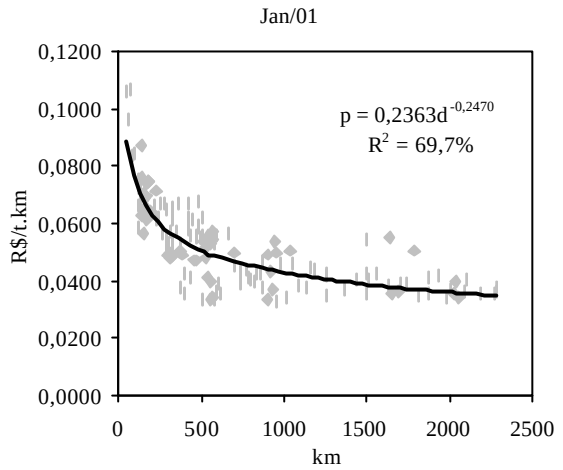


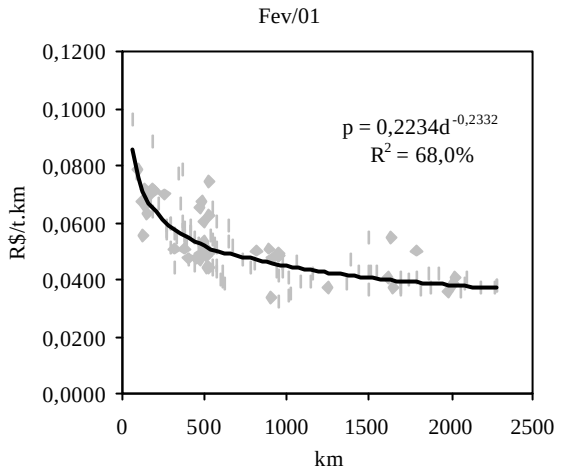


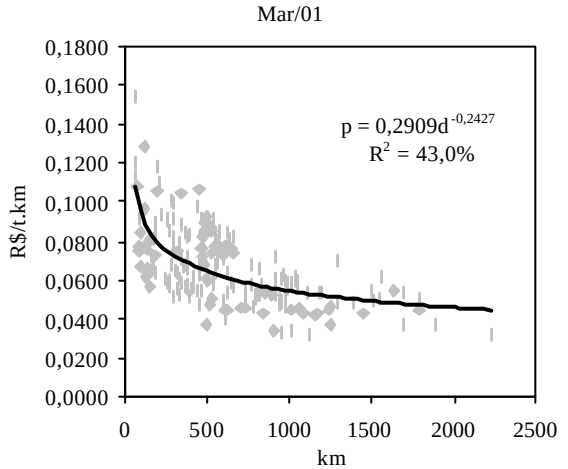


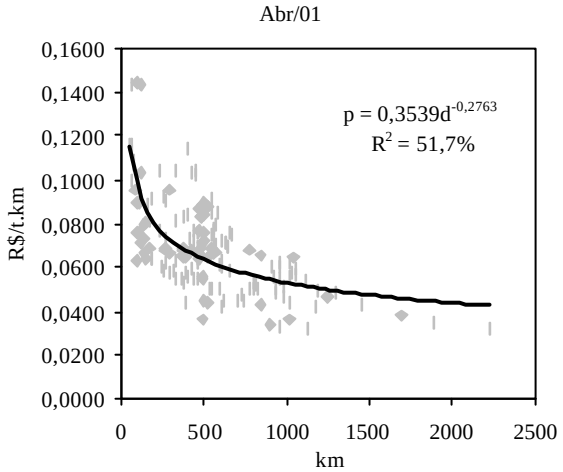


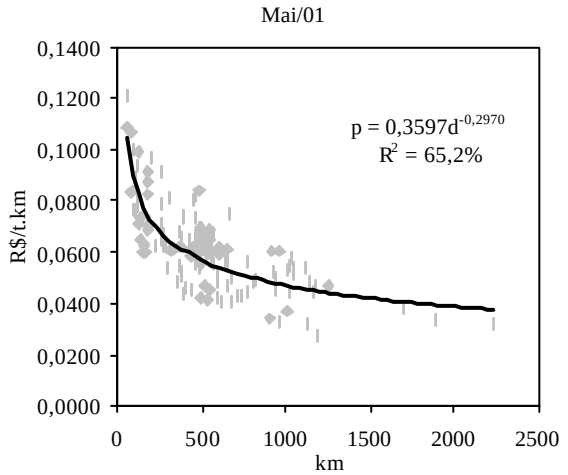
ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d)*.

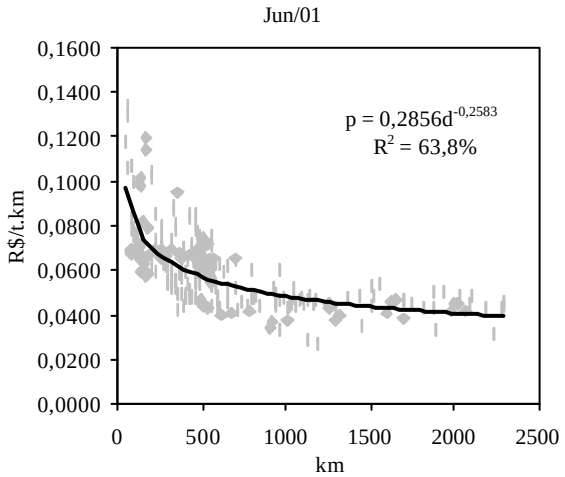




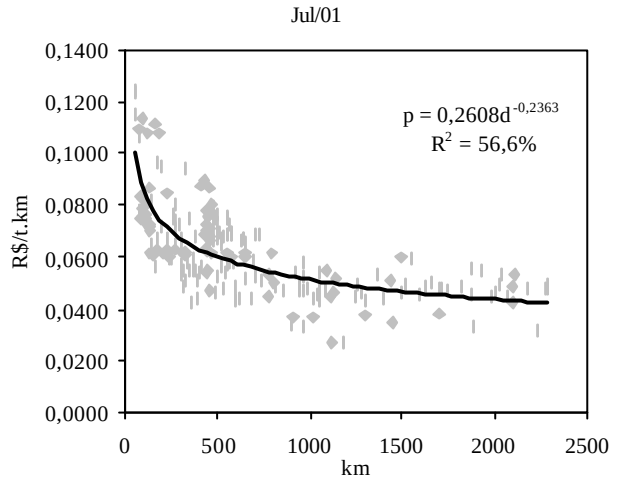


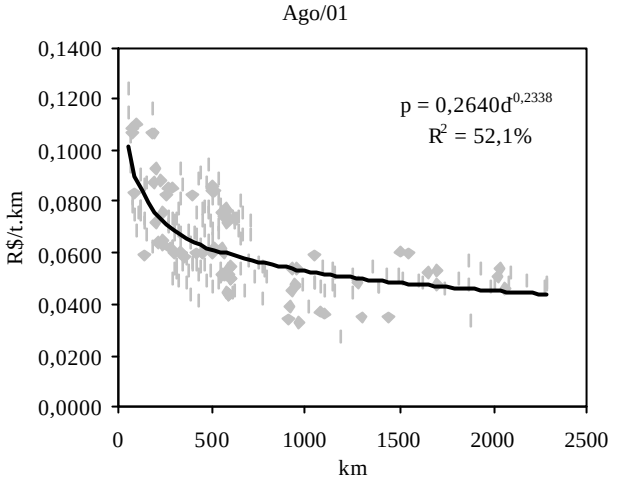


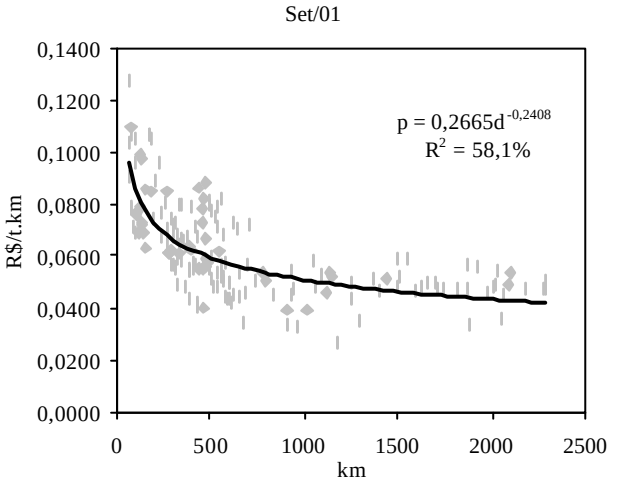


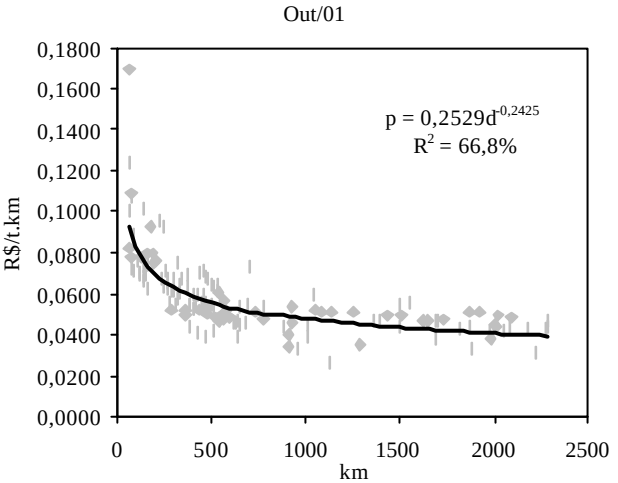


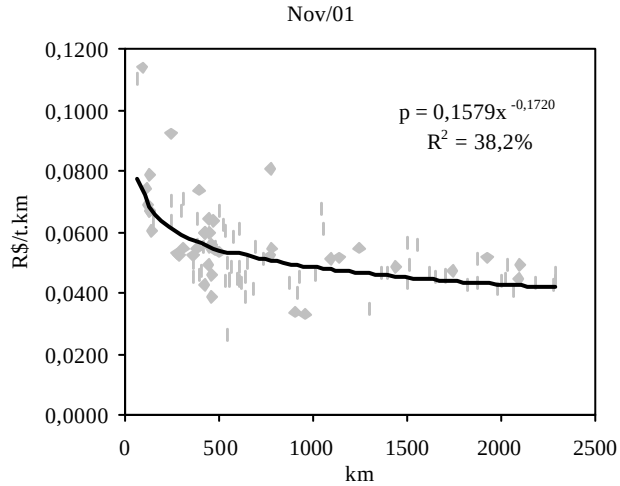
ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d).*

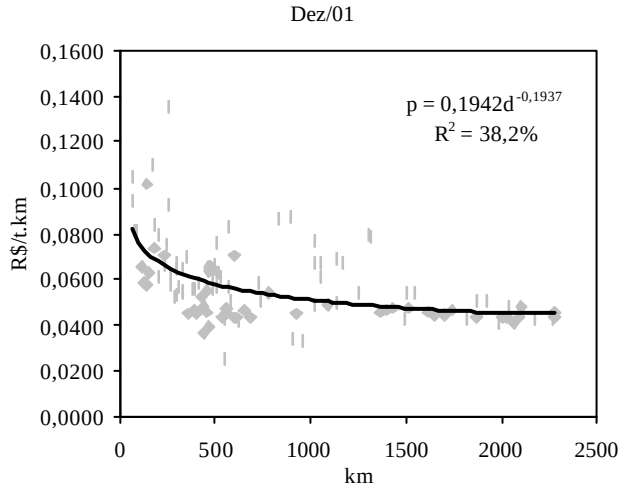




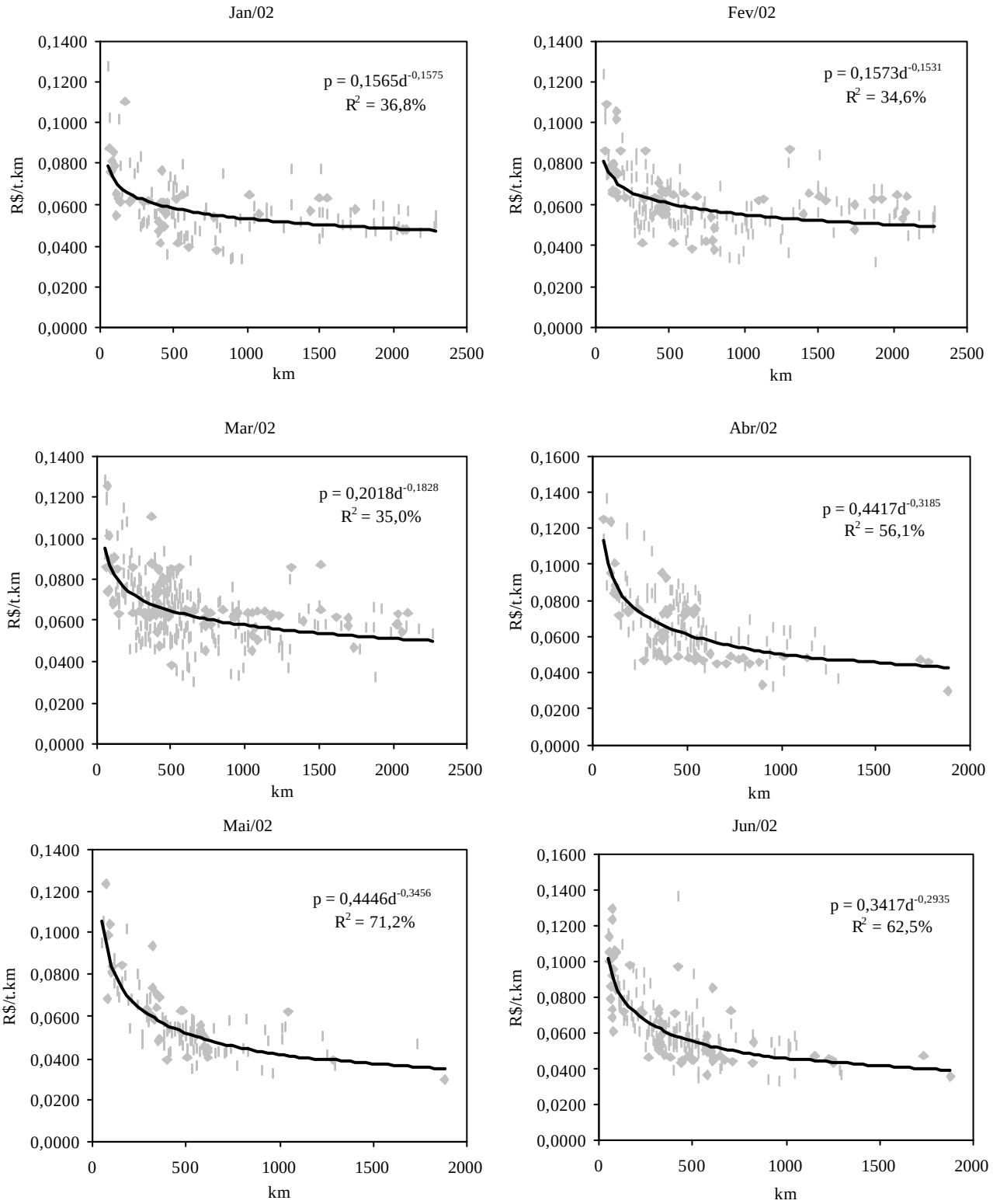




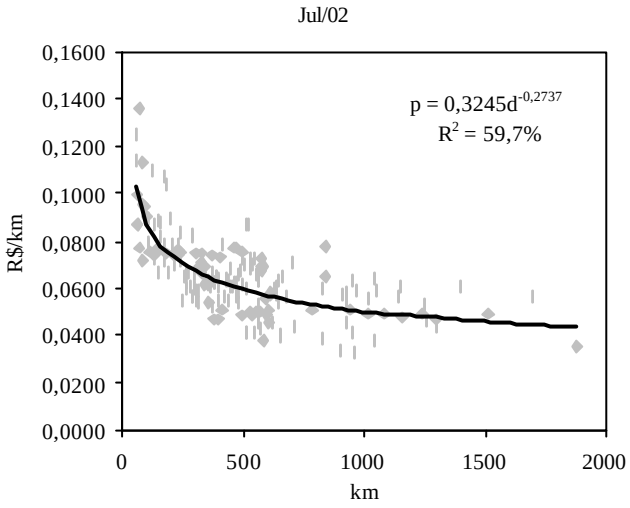


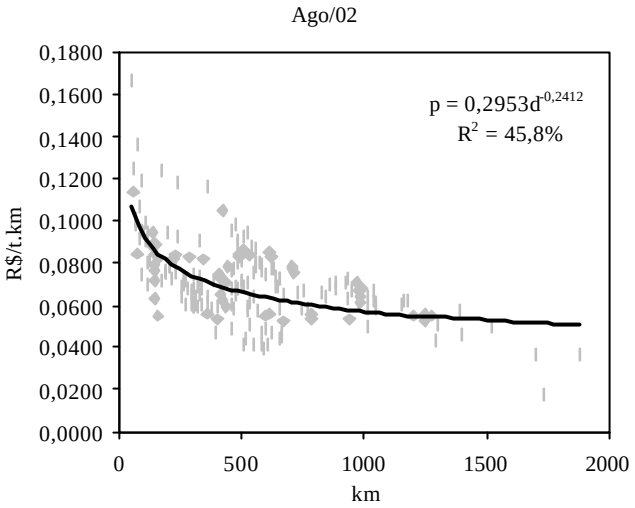


ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d)*.



ANEXO A - Ilustrações gráficas dos modelos econométricos ajustados: *p = f(d).*





ANEXO B - Extrapolação de informações de preços.

Tabela 1. Meses e faixas de distância que caracterizam os itens que foram extrapolados de modo a obter uma série completa de informações para efeito de cálculo dos itens para o tratamento 1 do estudo de caso.

Mês	Faixa de distância (limite superior)	Mês	Faixa de distância (limite superior)
	1.300	dez/00	1.900
	1.500		2.200
fev/98	1.600		2.000
	1.800	mar/01	2.100
	2.200		2.200
nov/98	1.400		1.400
dez/98	1.400		1.600
jan/99	1.400	abr/01	1.800
	1.800		2.000
jul/99	1.400		2.100
nov/99	1.400		2.200
dez/99	1.400		1.400
jan/00	800		1.500
	1.400		1.600
fev/00	800	mai/01	1.800
	1.400		2.000
ago/00	2.000		2.100
set/00	2.000		2.200
out/00	1.400	ago/01	900
	2.000		
nov/00	1.900		
	2.200		

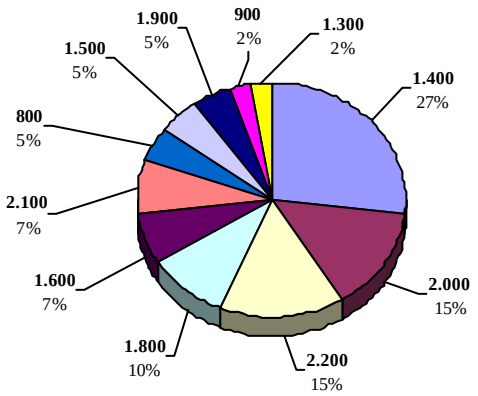


Figura 1 - Distribuição das faixas (100 km) de distâncias mais deficitárias (limite superior).

ANEXO C - Índices de frete calculados no estudo de caso.

Tabela 1. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 1: bases encadeadas.

Mês	Carli	Dutot	Lowe	Palgrave	Laspeyres	Paasche	Fisher	Jevons
mar/98	1,1634	1,1671	1,1367	1,1671	1,1146	1,1514	1,1329	1,1533
abr/98	1,0425	1,0667	1,0274	1,0256	1,0174	1,0202	1,0188	1,0372
mai/98	0,9067	0,8812	0,9149	0,9246	0,9201	0,9209	0,9205	0,9029
jun/98	1,0432	1,0480	1,0346	1,0322	1,0328	1,0274	1,0301	1,0408
jul/98	0,9953	0,9934	0,9919	0,9928	0,9944	0,9904	0,9924	0,9941
ago/98	1,0267	1,0226	1,0353	1,0295	1,0350	1,0274	1,0312	1,0256
set/98	0,9815	0,9851	0,9862	0,9715	0,9736	0,9695	0,9715	0,9803
out/98	0,9412	0,9449	0,9448	0,9394	0,9339	0,9371	0,9355	0,9399
nov/98	0,9671	0,9515	0,9700	0,9679	0,9737	0,9631	0,9684	0,9642
dez/98	0,9693	0,9605	0,9694	0,9635	0,9654	0,9608	0,9631	0,9681
jan/99	1,0079	1,0042	1,0085	1,0178	1,0079	1,0160	1,0119	1,0070
fev/99	1,1489	1,1330	1,1261	1,1778	1,1463	1,1648	1,1555	1,1427
mar/99	1,1138	1,1255	1,1032	1,0929	1,0886	1,0896	1,0891	1,1099
abr/99	1,0311	1,0283	1,0380	1,0504	1,0191	1,0441	1,0315	1,0277
mai/99	0,9344	0,9307	0,9341	0,9454	0,9406	0,9432	0,9419	0,9324
jun/99	0,9717	0,9639	0,9644	0,9679	0,9612	0,9646	0,9629	0,9696
jul/99	0,9994	0,9915	0,9984	1,0037	0,9964	0,9994	0,9979	0,9976
ago/99	1,0630	1,0652	1,0555	1,0609	1,0488	1,0589	1,0538	1,0619
set/99	1,0214	1,0236	1,0167	1,0189	1,0173	1,0179	1,0176	1,0209
out/99	1,0368	1,0442	1,0311	1,0301	1,0333	1,0284	1,0309	1,0355
nov/99	0,9763	0,9698	0,9807	0,9838	0,9823	0,9828	0,9826	0,9756
dez/99	0,9649	0,9669	0,9681	0,9701	0,9661	0,9689	0,9675	0,9641
jan/00	1,0255	1,0451	1,0151	0,9979	1,0345	0,9944	1,0143	1,0209
fev/00	0,9970	0,9811	0,9987	1,0126	1,0029	1,0099	1,0064	0,9950
mar/00	1,0521	1,0432	1,0595	1,0951	1,0440	1,0861	1,0649	1,0457
abr/00	1,1144	1,1121	1,1049	1,1126	1,0963	1,1064	1,1014	1,1096
mai/00	0,9994	0,9827	0,9788	0,9764	0,9679	0,9711	0,9695	0,9912
jun/00	0,9931	0,9905	0,9842	0,9792	0,9853	0,9731	0,9792	0,9895
jul/00	0,9911	0,9907	0,9880	0,9900	0,9972	0,9858	0,9915	0,9887
ago/00	0,9572	0,9574	0,9500	0,9662	0,9604	0,9580	0,9592	0,9506
set/00	0,9978	0,9853	0,9972	1,0125	1,0056	1,0079	1,0067	0,9953
out/00	0,9852	0,9833	0,9876	0,9943	0,9862	0,9885	0,9873	0,9800
nov/00	0,9639	0,9712	0,9590	0,9656	0,9314	0,9607	0,9459	0,9604
dez/00	0,9913	0,9864	0,9950	1,0085	1,0075	1,0070	1,0073	0,9899
jan/01	1,0745	1,0644	1,0667	1,0706	1,0529	1,0607	1,0568	1,0700
fev/01	1,0262	1,0206	1,0254	1,0316	1,0276	1,0291	1,0283	1,0245
mar/01	1,1751	1,1920	1,1985	1,2516	1,1842	1,2347	1,2092	1,1645
abr/01	0,9755	0,9803	0,9691	0,9812	0,9720	0,9793	0,9756	0,9735
mai/01	0,9466	0,9314	0,9307	0,9185	0,9118	0,9139	0,9128	0,9447
jun/01	1,0381	1,0233	1,0204	1,0577	1,0158	1,0440	1,0298	1,0307
jul/01	1,0454	1,0329	1,0490	1,0530	1,0493	1,0502	1,0497	1,0435
ago/01	1,0295	1,0276	1,0297	1,0324	1,0287	1,0310	1,0298	1,0288
set/01	0,9822	0,9813	0,9715	0,9694	0,9618	0,9661	0,9640	0,9807
out/01	0,9357	0,9361	0,9324	0,9247	0,9259	0,9227	0,9243	0,9347
nov/01	1,0367	1,0466	1,0186	1,0166	1,0174	1,0127	1,0150	1,0318
dez/01	1,0739	1,0438	1,0752	1,0777	1,0312	1,0534	1,0422	1,0535
jan/02	1,0639	1,0441	1,0551	1,0788	1,0671	1,0673	1,0672	1,0576
fev/02	1,0240	1,0139	1,0127	1,0433	1,0394	1,0308	1,0351	1,0172
mar/02	1,0577	1,0534	1,0609	1,0850	1,0586	1,0788	1,0686	1,0544
Acumulado	2,1712	1,8202	1,8062	2,5313	1,5788	1,9620	1,7600	1,8222

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 1: bases encadeadas.

Mês	Geométrico	Walsh	Coggeshal	Logaritimo Paasche	Harmônico Laspeyres	Tornqvist	Theil	Vartia I	Vartia II
mar/98	1,1084	1,1296	1,1437	1,1591	1,1025	1,1335	1,1307	1,0072	1,1309
abr/98	1,0150	1,0166	1,0326	1,0228	1,0127	1,0189	1,0173	0,9992	1,0173
mai/98	0,9177	0,9212	0,8986	0,9228	0,9153	0,9203	0,9209	0,9976	0,9209
jun/98	1,0306	1,0297	1,0382	1,0299	1,0283	1,0302	1,0299	1,0009	1,0299
jul/98	0,9931	0,9923	0,9929	0,9916	0,9918	0,9924	0,9923	0,9993	0,9923
ago/98	1,0339	1,0310	1,0246	1,0285	1,0328	1,0312	1,0311	1,0021	1,0311
set/98	0,9723	0,9713	0,9792	0,9705	0,9710	0,9714	0,9713	0,9975	0,9713
out/98	0,9324	0,9347	0,9385	0,9383	0,9310	0,9353	0,9349	0,9963	0,9349
nov/98	0,9709	0,9690	0,9612	0,9655	0,9681	0,9682	0,9687	0,9992	0,9687
dez/98	0,9639	0,9631	0,9668	0,9622	0,9625	0,9630	0,9631	0,9998	0,9631
jan/99	1,0073	1,0092	1,0060	1,0169	1,0068	1,0121	1,0100	1,0099	1,0102
fev/99	1,1393	1,1527	1,1364	1,1714	1,1322	1,1553	1,1536	1,0072	1,1536
mar/99	1,0870	1,0892	1,1065	1,0912	1,0854	1,0891	1,0892	1,0042	1,0892
abr/99	1,0165	1,0317	1,0245	1,0472	1,0141	1,0317	1,0317	0,9990	1,0317
mai/99	0,9390	0,9421	0,9302	0,9443	0,9374	0,9417	0,9420	0,9970	0,9420
jun/99	0,9602	0,9621	0,9677	0,9662	0,9593	0,9632	0,9624	1,0010	0,9624
jul/99	0,9945	0,9976	0,9958	1,0016	0,9926	0,9980	0,9978	0,9982	0,9978
ago/99	1,0474	1,0541	1,0607	1,0599	1,0459	1,0536	1,0539	1,0098	1,0539
set/99	1,0169	1,0178	1,0204	1,0184	1,0165	1,0176	1,0177	1,0036	1,0177
out/99	1,0325	1,0307	1,0343	1,0292	1,0317	1,0309	1,0308	0,9977	1,0308
nov/99	0,9818	0,9826	0,9748	0,9833	0,9812	0,9825	0,9826	0,9990	0,9826
dez/99	0,9654	0,9675	0,9633	0,9695	0,9646	0,9674	0,9675	0,9981	0,9675
jan/00	1,0293	1,0091	1,0169	0,9960	1,0248	1,0125	1,0102	1,0053	1,0102
fev/00	1,0019	1,0061	0,9930	1,0112	1,0008	1,0065	1,0062	1,0015	1,0062
mar/00	1,0367	1,0696	1,0389	1,0907	1,0288	1,0634	1,0679	1,0074	1,0675
abr/00	1,0933	1,1015	1,1047	1,1095	1,0905	1,1014	1,1015	0,9606	1,1015
mai/00	0,9657	0,9697	0,9847	0,9735	0,9638	0,9696	0,9696	0,9659	0,9696
jun/00	0,9813	0,9783	0,9859	0,9762	0,9773	0,9787	0,9784	0,9985	0,9785
jul/00	0,9957	0,9926	0,9861	0,9880	0,9942	0,9918	0,9924	0,9978	0,9924
ago/00	0,9537	0,9587	0,9440	0,9621	0,9469	0,9579	0,9584	0,9977	0,9584
set/00	1,0043	1,0075	0,9929	1,0102	1,0031	1,0072	1,0074	1,0013	1,0074
out/00	0,9824	0,9870	0,9745	0,9914	0,9784	0,9869	0,9870	0,9989	0,9870
nov/00	0,9275	0,9499	0,9568	0,9632	0,9237	0,9452	0,9485	0,9771	0,9483
dez/00	1,0065	1,0075	0,9884	1,0078	1,0055	1,0072	1,0074	0,9991	1,0074
jan/01	1,0495	1,0560	1,0655	1,0656	1,0461	1,0576	1,0565	1,0040	1,0565
fev/01	1,0263	1,0283	1,0229	1,0303	1,0250	1,0283	1,0283	0,9981	1,0283
mar/01	1,1718	1,2144	1,1535	1,2434	1,1590	1,2071	1,2122	1,0154	1,2119
abr/01	0,9706	0,9759	0,9715	0,9802	0,9691	0,9754	0,9758	0,9974	0,9758
mai/01	0,9096	0,9125	0,9428	0,9162	0,9074	0,9129	0,9127	0,9945	0,9127
jun/01	1,0108	1,0283	1,0237	1,0506	1,0062	1,0305	1,0289	1,0034	1,0290
jul/01	1,0479	1,0497	1,0415	1,0516	1,0465	1,0498	1,0497	1,0020	1,0497
ago/01	1,0280	1,0297	1,0281	1,0317	1,0273	1,0299	1,0298	1,0045	1,0298
set/01	0,9598	0,9640	0,9791	0,9678	0,9577	0,9638	0,9639	0,9970	0,9639
out/01	0,9250	0,9244	0,9336	0,9237	0,9240	0,9243	0,9244	0,9968	0,9244
nov/01	1,0146	1,0142	1,0275	1,0146	1,0120	1,0146	1,0143	1,0005	1,0143
dez/01	1,0241	1,0419	1,0374	1,0640	1,0184	1,0438	1,0423	1,0097	1,0424
jan/02	1,0618	1,0673	1,0511	1,0732	1,0563	1,0675	1,0674	1,0045	1,0674
fev/02	1,0322	1,0347	1,0096	1,0374	1,0242	1,0348	1,0348	1,0018	1,0348
mar/02	1,0558	1,0686	1,0511	1,0819	1,0530	1,0688	1,0687	1,0118	1,0687
Acumulado	1,3786	1,7488	1,5369	2,2261	1,2041	1,7519	1,7499	0,9747	1,7496

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 2: bases encadeadas.

Mês	Carli		Dutot	Lowe	Palgrave		Laspeyres	Paasche
	Eliminação	Suposição			Eliminação	Suposição		
mar/98	1,1351	1,0969	1,1193	1,2228	0,9961	1,1402	1,1102	1,3441
abr/98	1,0661	1,0397	1,0518	0,9680	0,9606	1,0387	0,8801	1,1224
mai/98	0,9160	0,9290	0,9308	1,0805	0,7633	0,9394	0,8843	1,1284
jun/98	1,0447	1,0354	1,0272	1,0457	1,0334	1,0520	1,0373	1,0698
jul/98	1,0012	0,9937	0,9834	1,0170	0,9758	1,0019	0,9849	1,0281
ago/98	0,9967	0,9987	1,0174	0,9573	0,9981	1,0076	0,9371	1,0123
set/98	0,9999	0,9980	1,0182	0,9606	0,9662	0,9797	0,9346	0,9902
out/98	0,9335	0,9486	0,9513	0,9175	0,9166	0,9252	0,8810	0,9315
nov/98	0,9534	0,9714	0,9713	0,9032	0,9429	0,9429	0,8626	0,9390
dez/98	0,9680	0,9828	0,9674	0,9648	0,9498	0,9579	0,9485	0,9583
jan/99	1,0087	1,0051	1,0034	1,0055	1,0115	1,0115	1,0022	1,0090
fev/99	1,1148	1,1004	1,0546	1,3115	0,9290	1,1630	1,1397	1,4576
mar/99	1,1065	1,0913	1,1011	1,1282	1,0931	1,1102	1,0776	1,1159
abr/99	1,0858	1,0630	1,1156	1,0196	1,0245	1,1025	0,9463	1,1525
mai/99	0,9342	0,9523	0,9290	0,9235	0,9027	0,9297	0,9060	0,9473
jun/99	0,9779	0,9833	0,9659	0,9522	0,9575	0,9669	0,9378	0,9742
jul/99	0,9292	0,9842	0,9757	0,9909	0,9715	0,9881	0,9560	1,0072
ago/99	0,9972	1,0404	1,0474	1,0289	0,9988	1,0764	1,0044	1,1581
set/99	1,0141	1,0263	1,0248	1,0057	0,9772	1,0253	0,9631	1,0483
out/99	1,0032	1,0054	1,0258	0,9113	0,9659	1,0064	0,8932	1,0382
nov/99	0,9974	0,9986	0,9959	0,9725	0,9757	0,9811	0,9658	0,9837
dez/99	0,9988	0,9986	1,0055	0,9816	0,9711	0,9832	0,9359	0,9955
jan/00	0,9969	0,9967	0,9711	0,8436	0,9735	0,9885	0,6965	1,0089
fev/00	0,9864	1,0101	1,0322	1,1514	0,8011	1,0125	0,8915	1,2205
mar/00	1,0826	1,0652	1,0462	1,3586	0,8306	1,1205	1,0628	1,4867
abr/00	1,1277	1,0906	1,1492	1,0547	1,1065	1,1601	1,0252	1,1870
mai/00	0,9701	0,9884	0,9261	1,0152	0,9112	0,9832	0,9125	1,0401
jun/00	0,9407	0,9701	0,9155	0,9845	0,8588	0,9662	0,9249	1,0422
jul/00	0,9961	1,0064	1,0126	1,0310	0,8990	0,9884	0,9515	1,0603
ago/00	0,9993	0,9992	1,0139	0,8363	1,0037	1,0091	0,8635	1,0069
set/00	0,9661	0,9816	0,9594	0,9458	0,9608	0,9765	0,9450	0,9860
out/00	0,9975	0,9989	1,0521	0,7572	0,9736	0,9736	0,7438	0,9633
nov/00	0,9794	0,9870	0,9798	0,8710	0,8762	0,9841	0,7246	1,1238
dez/00	1,0018	0,9985	0,9838	1,0129	0,9940	1,0126	0,9961	1,0318
jan/01	1,0378	1,0191	1,0417	1,4675	0,7269	1,0242	0,8999	1,5002
fev/01	1,0561	1,0636	1,0461	0,9813	0,9544	1,1336	0,8885	1,1878
mar/01	1,2093	1,1353	1,1840	1,2380	1,0788	1,3283	1,0578	1,5120
abr/01	1,0370	1,0261	1,0161	0,8806	0,9564	1,0329	0,8608	1,0773
mai/01	0,9140	0,9645	0,9291	0,8276	0,8254	0,9230	0,7691	0,9782
jun/01	1,0094	1,0055	0,9624	1,2945	0,7406	1,0237	0,9217	1,4148
jul/01	1,0383	1,0201	1,0573	1,0984	1,0003	1,0561	1,0206	1,1171
ago/01	1,0452	1,0294	1,0133	1,0669	0,9308	1,0556	1,0221	1,2050
set/01	0,9768	0,9846	1,0068	0,9337	0,9572	0,9636	0,8396	0,9710
out/01	0,9335	0,9708	0,9293	0,8865	0,8861	0,9312	0,8554	0,9607
nov/01	1,0031	0,9932	0,9219	0,9349	0,9886	0,9978	0,8558	1,0132
dez/01	0,9992	1,0195	1,0717	0,9549	0,7967	1,0798	0,9155	1,2915
jan/02	1,0114	1,0051	1,0313	1,1826	0,9621	1,0467	0,9822	1,0922
fev/02	1,0377	1,0411	1,0284	1,1864	0,9078	1,0654	1,0281	1,1984
mar/02	1,0983	1,0873	1,0787	1,1520	1,0005	1,1402	1,0492	1,2459
Acumulado	1,7248	1,9219	1,7438	2,1221	0,0451	3,1939	0,0315	101,7902

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 2: bases encadeadas.

Mês	Fisher	Jevons		Geométrico		Walsh	Coggeshal	
Hipótese		Eliminação	Suposição	Eliminação	Suposição		Eliminação	Suposição
mar/98	1,2216	1,1276	1,0899	1,1214	1,1214	1,1400	1,1199	1,0831
abr/98	0,9939	1,0587	1,0348	1,0379	1,0379	1,0406	1,0514	1,0302
mai/98	0,9989	0,9154	0,9366	0,9315	0,9252	0,9261	0,9063	0,9278
jun/98	1,0534	1,0412	1,0313	1,0286	1,0353	1,0424	1,0378	1,0279
jul/98	1,0063	0,9988	0,9905	0,9968	0,9939	0,9976	0,9963	0,9871
ago/98	0,9740	0,9914	0,9938	1,0096	1,0023	1,0046	0,9842	0,9887
set/98	0,9620	0,9964	0,9952	0,9755	0,9795	0,9780	0,9925	0,9925
out/98	0,9059	0,9405	0,9445	0,9466	0,9302	0,9250	0,9264	0,9398
nov/98	0,9000	0,9556	0,9694	0,9494	0,9479	0,9422	0,9477	0,9672
dez/98	0,9534	0,9654	0,9801	0,9540	0,9530	0,9533	0,9594	0,9772
jan/99	1,0056	1,0062	1,0037	1,0086	1,0077	1,0081	1,0042	1,0024
fev/99	1,2889	1,1040	1,0913	1,1195	1,1309	1,1456	1,0938	1,0829
mar/99	1,0966	1,0950	1,0826	1,0760	1,0811	1,0897	1,0883	1,0752
abr/99	1,0443	1,0579	1,0546	1,0245	1,0324	1,0624	1,0638	1,0466
mai/99	0,9264	0,9276	0,9490	0,9342	0,9274	0,9266	0,9289	0,9454
jun/99	0,9558	0,9768	0,9816	0,9620	0,9601	0,9619	0,9733	0,9799
jul/99	0,9813	0,9827	0,9815	0,9847	0,9844	0,9869	0,9788	0,9782
ago/99	1,0785	1,0549	1,0381	1,0542	1,0575	1,0677	1,0550	1,0359
set/99	1,0048	1,0118	1,0197	1,0123	1,0130	1,0142	1,0114	1,0154
out/99	0,9630	1,0018	1,0043	1,0048	1,0056	1,0033	1,0007	1,0032
nov/99	0,9747	0,9947	0,9971	0,9841	0,9794	0,9794	0,9920	0,9958
dez/99	0,9652	0,9974	0,9978	0,9888	0,9866	0,9843	0,9956	0,9970
jan/00	0,8383	0,9972	0,9964	0,9969	0,9993	0,9943	0,9962	0,9960
fev/00	1,0431	0,9866	1,0079	0,9885	0,9788	0,9827	0,9833	1,0060
mar/00	1,2570	1,0757	1,0548	1,0742	1,0788	1,0940	1,0731	1,0460
abr/00	1,1031	1,1009	1,0811	1,0989	1,1181	1,1383	1,1179	1,0735
mai/00	0,9742	0,9671	0,9842	0,9865	0,9731	0,9728	0,9583	0,9797
jun/00	0,9818	0,9387	0,9630	0,9559	0,9425	0,9433	0,9292	0,9552
jul/00	1,0044	0,9941	1,0023	0,9912	0,9913	0,9847	0,9915	0,9983
ago/00	0,9324	0,9962	0,9969	1,0047	1,0076	1,0059	0,9915	0,9945
set/00	0,9653	0,9620	0,9777	0,9767	0,9714	0,9742	0,9516	0,9724
out/00	0,8465	0,9918	0,9955	0,9901	0,9725	0,9660	0,9822	0,9922
nov/00	0,9024	0,9790	0,9843	1,0065	0,9950	0,9954	0,9704	0,9812
dez/00	1,0138	0,9991	0,9974	1,0111	1,0116	1,0123	0,9963	0,9961
jan/01	1,1619	1,0256	1,0143	1,0164	1,0206	1,0320	1,0237	1,0101
fev/01	1,0273	1,0387	1,0489	1,0319	1,0321	1,0512	1,0396	1,0386
mar/01	1,2646	1,1658	1,1166	1,1707	1,1844	1,2482	1,1823	1,1016
abr/01	0,9630	1,0233	1,0208	1,0066	1,0029	1,0071	1,0229	1,0165
mai/01	0,8674	0,9246	0,9597	0,9044	0,8929	0,8880	0,9038	0,9545
jun/01	1,1420	1,0042	0,9999	1,0282	1,0121	1,0227	1,0003	0,9944
jul/01	1,0677	1,0314	1,0181	1,0477	1,0497	1,0540	1,0316	1,0160
ago/01	1,1098	1,0413	1,0255	1,0462	1,0531	1,0570	1,0422	1,0217
set/01	0,9029	0,9780	0,9829	0,9751	0,9693	0,9642	0,9725	0,9809
out/01	0,9065	0,9357	0,9683	0,9230	0,9142	0,9165	0,9274	0,9655
nov/01	0,9312	0,9997	0,9894	0,9942	0,9943	0,9973	0,9961	0,9843
dez/01	1,0874	0,9968	1,0136	0,9941	0,9960	1,0039	0,9933	1,0089
jan/02	1,0358	1,0063	1,0006	1,0278	1,0141	1,0195	1,0025	0,9963
fev/02	1,1100	1,0281	1,0339	1,0590	1,0407	1,0462	1,0216	1,0274
mar/02	1,1433	1,0857	1,0763	1,0590	1,0685	1,0905	1,0842	1,0674
Acumulado	1,7893	1,5029	1,5490	1,4983	1,3482	1,7107	1,2411	1,2449

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 2: bases encadeadas.

	Logaritmo Paasche		Harmônico Laspeyres		Törnqvist		Theil	Vartia
Hipótese	Eliminação	Suposição	Eliminação	Suposição	Eliminação	Suposição	Ambas	Ambas
mar/98	1,1331	1,1331	1,1374	1,1140	1,1272	1,1272	1,1242	1,1398
abr/98	1,0352	1,0352	1,2416	1,0348	1,0365	1,0365	1,0341	1,0409
mai/98	0,9408	0,9349	0,9604	0,9205	0,9329	0,9300	0,9361	0,9256
jun/98	1,0504	1,0495	1,0333	1,0333	1,0428	1,0423	1,0416	1,0427
jul/98	1,0015	1,0002	1,0029	0,9924	0,9977	0,9970	0,9977	0,9976
ago/98	1,0052	1,0059	1,0724	1,0002	1,0037	1,0041	1,0040	1,0043
set/98	0,9784	0,9776	1,0245	0,9779	0,9789	0,9785	0,9791	0,9781
out/98	0,9248	0,9223	0,9744	0,9276	0,9275	0,9262	0,9293	0,9251
nov/98	0,9410	0,9410	1,0310	0,9461	0,9444	0,9444	0,9455	0,9421
dez/98	0,9544	0,9552	0,9568	0,9502	0,9537	0,9541	0,9540	0,9534
jan/99	1,0102	1,0102	1,0134	1,0060	1,0089	1,0089	1,0082	1,0084
fev/99	1,1275	1,1538	1,1222	1,1222	1,1292	1,1423	1,1258	1,1455
mar/99	1,1022	1,1033	1,0862	1,0779	1,0916	1,0921	1,0884	1,0907
abr/99	1,0806	1,0926	1,1341	1,0242	1,0562	1,0621	1,0545	1,0620
mai/99	0,9275	0,9277	0,9555	0,9257	0,9286	0,9275	0,9293	0,9265
jun/99	0,9661	0,9647	0,9810	0,9582	0,9631	0,9624	0,9630	0,9621
jul/99	0,9894	0,9863	1,0124	0,9826	0,9869	0,9853	0,9872	0,9868
ago/99	1,0697	1,0738	1,1207	1,0558	1,0636	1,0656	1,0624	1,0678
set/99	1,0118	1,0203	1,0669	1,0124	1,0124	1,0166	1,0130	1,0138
out/99	1,0013	1,0054	1,1337	1,0050	1,0035	1,0055	1,0031	1,0034
nov/99	0,9798	0,9798	0,9927	0,9781	0,9796	0,9796	0,9797	0,9794
dez/99	0,9835	0,9826	1,0386	0,9858	0,9850	0,9846	0,9849	0,9844
jan/00	0,9912	0,9878	1,4327	0,9989	0,9953	0,9935	0,9953	0,9943
fev/00	0,9909	1,0091	1,0702	0,9776	0,9848	0,9938	0,9852	0,9826
mar/00	1,0816	1,1090	1,0985	1,0749	1,0802	1,0938	1,0761	1,0939
abr/00	1,1401	1,1526	1,2491	1,1144	1,1290	1,1352	1,1268	1,1386
mai/00	0,9754	0,9792	1,0334	0,9691	0,9742	0,9761	0,9746	0,9727
jun/00	0,9517	0,9583	0,9574	0,9371	0,9471	0,9504	0,9480	0,9435
jul/00	0,9784	0,9838	1,0318	0,9893	0,9848	0,9875	0,9857	0,9844
ago/00	1,0052	1,0050	1,1794	1,0031	1,0064	1,0063	1,0055	1,0063
set/00	0,9738	0,9746	0,9958	0,9674	0,9726	0,9730	0,9746	0,9735
out/00	0,9683	0,9683	1,2506	0,9668	0,9704	0,9704	0,9713	0,9659
nov/00	0,9935	0,9784	1,3606	0,9920	0,9942	0,9867	0,9953	0,9946
dez/00	1,0125	1,0105	1,0276	1,0093	1,0120	1,0110	1,0120	1,0123
jan/01	1,0304	1,0179	1,1646	1,0169	1,0255	1,0192	1,0244	1,0322
fev/01	1,0571	1,1079	1,2127	1,0274	1,0445	1,0693	1,0433	1,0512
mar/01	1,2257	1,3012	1,4054	1,1677	1,2049	1,2415	1,1982	1,2478
abr/01	1,0135	1,0248	1,1699	1,0000	1,0082	1,0138	1,0067	1,0077
mai/01	0,9071	0,9130	1,0017	0,8860	0,9000	0,9029	0,9013	0,8882
jun/01	1,0171	1,0152	1,1140	1,0075	1,0146	1,0136	1,0165	1,0211
jul/01	1,0539	1,0541	1,0829	1,0477	1,0518	1,0519	1,0510	1,0541
ago/01	1,0516	1,0525	1,0889	1,0516	1,0524	1,0528	1,0520	1,0570
set/01	0,9645	0,9611	1,1083	0,9672	0,9669	0,9652	0,9673	0,9643
out/01	0,9258	0,9287	0,9655	0,9113	0,9200	0,9214	0,9210	0,9163
nov/01	1,0009	0,9939	1,1529	0,9920	0,9976	0,9941	0,9975	0,9973
dez/01	1,0110	1,0639	1,0829	0,9939	1,0035	1,0294	1,0033	1,0040
jan/02	1,0234	1,0360	1,0481	1,0086	1,0187	1,0250	1,0185	1,0196
fev/02	1,0373	1,0565	1,0550	1,0342	1,0390	1,0486	1,0405	1,0450
mar/02	1,1027	1,1287	1,0925	1,0640	1,0855	1,0982	1,0816	1,0909
Acumulado	1,8283	2,4542	59,9691	1,1406	1,5719	1,8190	1,5478	1,7063

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 3: bases encadeadas.

Mês	Carli	Dutot	Lowe e derivadas		Törnqwvist
	Eliminação		Sem redistribuição dos pesos	Com redistribuição dos pesos	Eliminação
mar/98	1,1083	1,1484	1,3995	1,0973	1,0858
abr/98	1,0254	0,9738	1,1171	1,0059	1,0012
mai/98	0,9079	0,9206	0,9036	0,9309	0,9405
jun/98	1,0375	1,0157	1,0018	1,0252	1,0235
jul/98	0,9890	0,9797	1,0438	0,9653	0,9682
ago/98	1,0223	1,0054	0,8928	1,0074	1,0073
set/98	0,9819	0,9920	0,9295	0,9707	0,9723
out/98	0,9260	0,9535	0,8453	0,9042	0,9097
nov/98	0,9691	1,0152	0,9208	0,9754	0,9771
dez/98	0,9881	1,0041	0,9761	1,0059	1,0058
jan/99	0,9996	0,9742	1,0305	0,9996	0,9996
fev/99	1,1346	1,0993	1,4120	1,1144	1,0982
mar/99	1,1111	1,1293	1,3061	1,1393	1,1276
abr/99	1,0479	1,0328	0,9077	1,0420	1,0350
mai/99	0,9508	0,9403	0,8282	0,9460	0,9500
jun/99	0,9762	0,9769	1,0447	0,9768	0,9775
jul/99	0,9892	0,9698	0,9598	0,9653	0,9687
ago/99	1,0408	1,0296	1,0565	1,0560	1,0503
set/99	1,0339	1,1256	0,9805	1,0270	1,0249
out/99	1,0072	1,1013	1,2398	1,0032	1,0025
nov/99	0,9832	0,9505	0,8871	0,8813	0,8817
dez/99	1,0123	1,0326	0,9955	1,0721	1,0704
jan/00	0,9667	0,8976	0,8171	0,8195	0,8076
fev/00	0,9903	1,0210	1,0264	0,9863	0,9879
mar/00	1,1163	1,0340	1,6262	1,1537	1,1210
abr/00	1,0930	1,1071	1,1227	1,1165	1,1056
mai/00	0,9705	0,9750	0,8192	0,9562	0,9609
jun/00	1,0144	0,9662	0,9860	0,9320	0,9379
jul/00	0,9879	0,9319	1,0241	0,9887	0,9897
ago/00	0,9987	0,9965	0,7955	0,9928	0,9941
set/00	0,9804	0,9561	0,9414	0,9536	0,9555
out/00	0,9931	1,0276	0,8265	0,9745	0,9775
nov/00	0,9955	0,9855	0,8494	1,0674	1,0636
dez/00	1,0060	0,9618	0,8189	0,9619	0,9654
jan/01	1,0118	1,0499	1,8388	1,0178	1,0100
fev/01	1,0632	1,0597	1,0607	1,0744	1,0663
mar/01	1,2231	1,2746	1,5427	1,2643	1,2002
abr/01	1,0133	0,9956	0,9372	0,9900	0,9910
mai/01	0,9552	0,9025	0,7655	0,9366	0,9465
jun/01	0,9959	0,9607	1,2304	0,9896	0,9912
jul/01	1,0444	1,0374	1,0523	1,0355	1,0343
ago/01	1,0505	1,0301	1,2206	1,0636	1,0540
set/01	0,9797	0,9753	0,8927	0,9547	0,9565
out/01	0,9887	1,0005	1,0290	1,0636	1,0709
nov/01	1,0003	0,9267	0,8639	1,0033	1,0031
dez/01	1,0040	1,0505	0,9677	0,9916	0,9932
jan/02	1,0233	1,0357	0,9691	1,0152	1,0139
fev/02	1,0526	1,0229	1,1157	1,0583	1,0554
mar/02	1,0558	1,0800	1,2284	1,0529	1,0445
Acumulado	2,0982	1,6820	2,8722	1,4843	1,3086

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7. Índices de fretes rodoviários mensais para a soja a granel de fevereiro de 1998 a março de 2002. Tratamento 4: bases encadeadas.

Mês	Lowe		Tornqvist	Theil	Vartia II
	(MOD)	(Sifreca)	(MOD)	(MOD)	(MOD)
mar/98	1,2077	1,2038	1,2096	1,2096	1,2096
abr/98	0,9913	0,9838	0,9953	0,9953	0,9953
mai/98	0,9233	0,9181	0,9264	0,9264	0,9264
jun/98	1,0310	1,0198	1,0384	1,0384	1,0384
jul/98	1,0100	1,0113	1,0090	1,0090	1,0090
ago/98	1,0226	1,0177	1,0263	1,0263	1,0263
set/98	1,0043	1,0029	1,0054	1,0054	1,0054
out/98	0,9353	0,9255	0,9432	0,9432	0,9432
nov/98	0,9691	0,9883	0,9515	0,9515	0,9514
dez/98	0,9780	0,9997	0,9624	0,9624	0,9623
jan/99	1,0146	1,0174	1,0132	1,0132	1,0132
fev/99	1,1320	1,1382	1,1290	1,1290	1,1290
mar/99	1,0701	1,0610	1,0738	1,0738	1,0738
abr/99	1,0491	1,0438	1,0518	1,0518	1,0518
mai/99	0,9189	0,9229	0,9167	0,9167	0,9167
jun/99	0,9577	0,9625	0,9553	0,9553	0,9553
jul/99	1,0172	1,0223	1,0149	1,0149	1,0149
ago/99	1,0509	1,0404	1,0552	1,0552	1,0552
set/99	0,9996	0,9922	1,0033	1,0033	1,0033
out/99	1,0301	1,0324	1,0288	1,0288	1,0288
nov/99	0,9825	0,9712	0,9888	0,9888	0,9888
dez/99	1,0688	1,0750	1,0646	1,0646	1,0646
jan/00	0,9777	0,9404	1,0006	1,0006	1,0006
fev/00	0,9913	1,0092	0,9736	0,9736	0,9736
mar/00	1,0453	1,0546	1,0377	1,0377	1,0377
abr/00	1,0836	1,0854	1,0822	1,0822	1,0822
mai/00	0,9747	0,9833	0,9687	0,9687	0,9687
jun/00	0,9448	0,9517	0,9406	0,9406	0,9406
jul/00	1,0225	1,0232	1,0221	1,0221	1,0221
ago/00	0,9515	0,9413	0,9570	0,9570	0,9570
set/00	1,0183	1,0253	1,0139	1,0139	1,0139
out/00	0,9519	0,9355	0,9613	0,9613	0,9613
nov/00	0,9788	0,9773	0,9800	0,9800	0,9800
dez/00	1,0075	1,0031	1,0108	1,0108	1,0108
jan/01	1,0712	1,0822	1,0624	1,0624	1,0624
fev/01	1,0411	1,0511	1,0341	1,0341	1,0341
mar/01	1,2349	1,2292	1,2384	1,2384	1,2384
abr/01	0,9669	0,9543	0,9751	0,9751	0,9751
mai/01	0,8905	0,8890	0,8916	0,8916	0,8916
jun/01	1,0263	1,0384	1,0167	1,0167	1,0167
jul/01	1,0557	1,0603	1,0525	1,0525	1,0525
ago/01	1,0346	1,0372	1,0329	1,0329	1,0329
set/01	0,9715	0,9698	0,9725	0,9725	0,9725
out/01	0,9240	0,9166	0,9286	0,9286	0,9286
nov/01	1,0442	1,0694	1,0264	1,0264	1,0264
dez/01	1,0388	1,0384	1,0391	1,0391	1,0391
jan/02	1,0065	1,0147	1,0026	1,0026	1,0026
fev/02	1,0409	1,0430	1,0401	1,0401	1,0401
mar/02	1,0562	1,0447	1,0605	1,0605	1,0605
Acumulado	1,8504	1,8459	1,7973	1,7973	1,7974

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO D - Coeficientes de correlação entre índices do tratamento 1.

	Carli	Dutot	Lowe	Palgrave	Laspeyres	Paasche	Fisher	Jevons	Geométrico	Walsh	Coggeshal	Logarítimo Paasche	Harmônico Laspeyres	Tornqvist	Theil	Vartia I	Vartia II
Carli	1,00	0,98	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	1,00	0,96	0,97	0,99	0,97	0,96	0,97	0,97	0,28	0,97
Dutot	0,98	1,00	0,97	0,94	0,95	0,94	0,95	0,99	0,95	0,95	0,99	0,94	0,95	0,95	0,95	0,27	0,95
Lowe	0,99	0,97	1,00	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,97	0,99	0,98	0,98	0,97	0,99	0,99	0,32	0,99
Palgrave	0,97	0,94	0,98	1,00	0,97	1,00	0,99	0,96	0,96	0,99	0,96	1,00	0,96	0,99	0,99	0,35	0,99
Laspeyres	0,97	0,95	0,98	0,97	1,00	0,98	0,99	0,97	1,00	0,99	0,97	0,97	1,00	0,99	0,99	0,35	0,99
Paasche	0,97	0,94	0,98	1,00	0,98	1,00	0,99	0,97	0,97	1,00	0,96	1,00	0,97	0,99	1,00	0,34	1,00
Fisher	0,97	0,95	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,97	0,99	1,00	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	0,35	1,00
Jevons	1,00	0,99	0,99	0,96	0,97	0,97	0,97	1,00	0,97	0,97	1,00	0,96	0,97	0,97	0,97	0,28	0,97
Geométrico	0,96	0,95	0,97	0,96	1,00	0,97	0,99	0,97	1,00	0,99	0,97	0,97	1,00	0,99	0,99	0,35	0,99
Walsh	0,97	0,95	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00	0,97	0,99	0,98	1,00	1,00	0,34	1,00
Coggeshal	0,99	0,99	0,98	0,96	0,97	0,96	0,97	1,00	0,97	0,97	1,00	0,96	0,97	0,97	0,97	0,28	0,97
LogPaasche	0,97	0,94	0,98	1,00	0,97	1,00	0,99	0,96	0,97	0,99	0,96	1,00	0,96	0,99	0,99	0,34	0,99
HarLaspeyres	0,96	0,95	0,97	0,96	1,00	0,97	0,99	0,97	1,00	0,98	0,97	0,96	1,00	0,99	0,99	0,34	0,99
Tornqvist	0,97	0,95	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,97	0,99	1,00	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	0,35	1,00
Theil	0,97	0,95	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	0,35	1,00
Vartia I	0,28	0,27	0,32	0,35	0,35	0,34	0,35	0,28	0,35	0,34	0,28	0,34	0,34	0,35	0,35	1,00	0,35
Vartia II	0,97	0,95	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	0,35	1,00

Fonte: Sifreca (2002); cálculos elaborados pelo autor com o *software* Excel.

Nota: Os coeficientes foram aproximados para duas casas decimais.

ANEXO E - Apresentação da modelagem para elaboração da matriz origem-destino.

Quanto aos destinos, tem-se que:

$$Q = X + M \quad \backslash \quad M = Q - X \tag{1}$$

onde Q é a produção total, X as exportações e M o processamento. Tem-se ainda que:

$$X = \sum_{i=1}^{e} x_i \text{ , sendo } x_i \text{ a quantidade exportada pelo porto } i\text{, e} \tag{2}$$

$$M = \sum_{j=1}^{p} m_j \text{ , sendo } m_j \text{ a quantidade processada pelo estado } j\text{.} \tag{3}$$

Portanto,

$$Q = \sum_{i=1}^{e} x_i + \sum_{j=1}^{p} m_j \tag{4}$$

Por outro lado, cada origem r pode abastecer, com sua (dada) produção q_r, tanto aos portos i (com q_{ri}) quanto aos processadores j (com q_{rj}), de modo que:

$$\overline{q}_r = q_{ri} + q_{rj} \tag{5}$$

O problema está na determinação da relação anterior: quais critérios devem separar q_{ri} de q_{rj}? É uma informação que não está disponível sendo, portanto, necessário algum método empírico para sua determinação.

Para que o modelo seja consistente, a matriz deve ser completada mediante o atendimento de duas restrições:

$$x_i = \sum_{r=1}^{n} q_{ri} \quad \text{e} \tag{6}$$

$$m_j = \sum_{r=1}^{n} q_{rj} \tag{7}$$

que garantem que a soma das quantidades escoadas por todas as n rotas r, aos destinos i e j, não ultrapasse sua capacidade de exportação ou processamento, respectivamente.

A alternativa para o problema da segregação da expressão (5) pode ser a consideração de que cada destino i e j - desde que seja viável sob o aspecto logístico geográfico - participa proporcionalmente (à sua participação na destinação final da produção total) na parcela de oferta de cada região ofertante r. Tem-se, inicialmente, portanto, que:

$$x_i = Q - \sum_{j=1}^{p} m_j - \sum_{l=1}^{e-1} x_l \tag{8}$$

onde x_i é a quantidade exportada por um determinado porto i do conjunto de todos os e portos; l é o índice associado a todos os portos, exceto o porto específico i.

Dividindo-se ambos os lados de tal pela produção (Q), obtém-se a participação (k_i) de determinado porto i na produção total de soja do País, ou seja:

$$\frac{x_i}{Q} = k_i = \frac{Q - \sum_{j=1}^{p} m_j - \sum_{l=1}^{e-1} x_l}{Q} \tag{9}$$

Seguindo o mesmo raciocínio, percebe-se que:

$$\frac{m_j}{Q} = k_j = \frac{Q - \sum_{o=1}^{p-1} m_o - \sum_{i=1}^{e} x_i}{Q} \tag{10}$$

porém, agora o subscrito *o* representa todos os processadores, à exceção do específico *j*.

Os fatores k_i e k_j, por hipótese seriam os responsáveis pela definição das participações dos respectivos destinos (q_{ri} e q_{rj}) conferidos à produção de uma determinada origem *r*.

No entanto, deve-se atentar que essa hipótese exige a definição de um importante critério logístico: deve haver uma racionalidade no que se refere à designação dos diversos destinos dependendo da origem considerada. É muito pouco provável, por exemplo, que a soja produzida em Ponta Grossa (PR) seja escoada pelo porto de Itacoatiara (AM); ou que a produção de Balsas (MA) siga para exportação pelo porto do Rio Grande (RS); ou que a produção de São Borja (RS) seja processada em Barreiras (BA).

Portanto, a definição dos fatores k_i e k_j para título de utilização na segregação dos destinos de cada região, deve sofrer alguma correção de modo a permitir que esse destinos sejam racionais do ponto de vista logístico-geográfico. Assim, esses fatores devem ser determinados em função da origem:

$$k_i = f(r) = k_i^r \tag{11}$$

Da expressão (11), dependendo da origem *r* à qual será aplicada o fator k_i, tem-se distintos k_i^r, resultantes da redistribuição dos pesos de alguns m_j e x_i que são eliminados da expressão por serem destinos incompatíveis para a produção da origem *r*. Essa redistribuição deve ser tal de modo que a relação:

$$\sum_{i=1}^{e} \sum_{j=1}^{p} \left(k_i + k_j\right) = \sum_{i=1}^{e} \sum_{j=1}^{p} \left(k_i^r + k_j^r\right) = 1 \tag{12}$$

deva ser sempre obedecida.

Dessa forma, seguindo a hipótese sugerida, tem-se que:

$$q_{ri} = \sum_{i=1}^{e} k_i^r \overline{q}_r \tag{13}$$

$$q_{rj} = \sum_{j=1}^{p} k_j^r \overline{q}_r \tag{14}$$

que, re-arranjadas resultam em:

$$\overline{q}_r = q_{ri} + q_{rj} = \sum_{i=1}^{e} k_i^r \overline{q}_r + \sum_{j=1}^{p} k_j^r \overline{q}_r = \left(\sum_{i=1}^{e} k_i^r + \sum_{j=1}^{p} k_j^r \right) \overline{q}_r = \sum_{i=1}^{e} \sum_{j=1}^{p} \left(k_i^r + k_j^r \right) \overline{q}_r \tag{15}$$

o que só será verdade se a expressão (12) também o for. Com isso, a modelagem está completa.

ANEXO F - Matriz origem-destino para o tratamento 3.

	PNG	SNT	RGE	POR	VIT	SFC	SLU	PR	RS	SP	MT	GO	MS	MG	BA	Total por Origem
Sapezal MT	0,0085	0,0072		0,0018				0,0093		0,0047	0,0035	0,0028	0,0024			0,0402
Nova Mutum MT	0,0036	0,0035						0,0039		0,0023	0,0017	0,0013	0,0011	0,0009		0,0182
Sorriso MT	0,0187	0,0158						0,0205		0,0104	0,0077	0,0061	0,0052	0,0039		0,0884
Campo Novo do Parecis MT	0,0081	0,0069		0,0017				0,0089		0,0045	0,0033	0,0026	0,0023			0,0384
Diamantino MT	0,0050	0,0051		0,0013				0,0055		0,0034	0,0025	0,0020	0,0017			0,0264
Primavera do Leste MT	0,0169	0,0114						0,0134	0,0073	0,0075	0,0055	0,0044	0,0038	0,0028		0,0729
Itiquira MT	0,0067	0,0048						0,0085		0,0040	0,0024	0,0019	0,0020			0,0303
Rio Verde GO	0,0180	0,0152						0,0198		0,0110		0,0064		0,0043		0,0747
Cascavel PR	0,0155	0,0078						0,0342	0,0064	0,0078						0,0716
Barreiras BA					0,0035		0,0029								0,0243	0,0307
Dourados MS	0,0156	0,0138	0,0002					0,0179	0,0003	0,0091			0,0046			0,0614
São Gabriel d'Oeste MS	0,0028	0,0026	0,0001					0,0034	0,0001	0,0017			0,0009			0,0117
Chapadão do Sul MS	0,0042	0,0019						0,0046		0,0023			0,0012			0,0142
Itumbiara GO	0,0028	0,0073						0,0031		0,0048		0,0028		0,0019		0,0227
Catalão GO	0,0047	0,0053						0,0052		0,0035		0,0020		0,0014		0,0221
Unaí MG					0,0006					0,0012		0,0012		0,0009		0,0038
Uberaba MG	0,0039	0,0039			0,0057					0,0039		0,0039		0,0091		0,0306
Maringá PR	0,0057	0,0057				0,0006		0,0198	0,0057	0,0082						0,0458
Londrina PR	0,0038	0,0038						0,0083	0,0031	0,0031						0,0220
Guarapuava PR	0,0030					0,0001		0,0050								0,0081
Ponta Grossa PR	0,0043	0,0043				0,0001		0,0111								0,0199
Canarana MT	0,0009	0,0025						0,0010		0,0016	0,0012	0,0010	0,0014			0,0096
Santa Rosa RS			0,0314			0,0056			0,0202							0,0572
Júlio de Castilhos RS			0,0186			0,0033			0,0120							0,0339
Passo Fundo RS			0,0292			0,0052			0,0188							0,0532
Formosa do Rio Preto BA					0,0005		0,0004								0,0037	0,0047
Correntina BA					0,0006		0,0005								0,0040	0,0051
Balsas MA							0,0130					0,0021				0,0151
Ituverava SP		0,0097								0,0064						0,0160
Cândido Mota SP	0,0019	0,0019						0,0019		0,0037						0,0093
Pato Branco PR	0,0036					0,0030		0,0036	0,0046							0,0147
Sinop MT		0,0017		0,0004						0,0011	0,0008	0,0006	0,0006			0,0052
Lagoa Vermelha RS			0,0041			0,0027			0,0026							0,0093
São Borja RS			0,0031			0,0006			0,0020							0,0057
Cachoeira do Sul RS			0,0015			0,0003			0,0010							0,0027
Mafra SC						0,0011										0,0011
Vilhena RO				0,0018												0,0018
Formoso do Araguaia TO												0,0013				0,0013
Total por Destino	0,1582	0,1421	0,0882	0,0070	0,0109	0,0225	0,0169	0,2089	0,0840	0,1062	0,0285	0,0424	0,0271	0,0251	0,032	1,0000

Fonte: Elaboração pelo autor com dados do IBGE (2002), Brasil (2003) e Abiove (2003).

Legenda: Portos: PNG (Paranaguá), SNT (Santos), RGE (Rio Grande), POR (Porto Velho para embarque hidroviário até Itacoatiara), VIT (Vitórioa), SFC (São Francisco do Sul), SLU (São Luiz). Estados: PR (Paraná), RS (Rio Grande do Sul), SP (São Paulo), MT (Mato Grosso), GO (Goiás), M (Mato Grosso do Sul), MG (Minas Gerais) e BA (Bahia).

ANEXO G - Lista do

Nome da origem	
Sapezal MT	
Nova Mutum MT	
Sorriso MT	
Campo Novo do Parecis MT	
Diamantino MT	
Primavera do Leste MT	
Itiquira MT	
Rio Verde GO	
Cascavel PR	
Barreiras BA	
Dourados MS	
São Gabriel d'Oeste MS	
Chapadão do Sul MS	
Itumbiara GO	
Catalão GO	
Unaí MG	
Uberlândia MG	
Maringá PR	
Londrina PR	ssai, Primeiro de Maio, Santa Leópolis, Alvorada do Sul, Arapongas, Ibiporã, Astorga e, Marilândia do Sul PR
Guarapuava PR	Guarapuava, Candói, Pinhão e Prudentópolis PR
Ponta Grossa PR	Ponta Grossa, Castro, Tibagi, Palmeira, Ventania, Teixeira Soares, Carambeí, Arapoti e Imbituva PR
Canarana MT	Canarana, Querência, Nova Xavantina e Água Boa MT
Santa Rosa RS	Santa Rosa, Santa BÃ¡rbara do Sul, Giruá, São Luiz Gonzaga, Ijuí, São Miguel das Missões, Santo Ângelo, Catuípe, Santo Augusto, Entreijuís, Bossoroca, Chiapetta, Três de Maio, Independência, Sto Antônio das Missões, Santo Cristo, Augusto Pestana, Eugênio de Castro, Ajuricaba, Tuparendi, Guarani das Missões e Nova Ramada RS
Júlio de Castilhos RS	Júlio de Castilhos, Tupanciretã, Cruz Alta, Jóia, Ibirubá, Fortaleza dos Valos, Pejuçara, Salto do Jacuí, Jacuizinho e Quevedos RS

ANEXO G - Lista dos municípios representativos das origens na matriz do tratamento 3.

Nome da origem	Municípios componentes
Passo Fundo RS	Passo Fundo, Palmeira das Missões, Chapada, Carazinho, Espumoso, Sertão, Panambi, Condor, Coronel Bicaco, Marau, Coxilha, Ronda Alta, Pontão, Colorado, Não-me-Toque, Victor Graeff, Almirante Tamandaré do Sul, Ernestina, Sarandi, Nonoai, Campinas do Sul, Mato Castelhano,Saldanha Marinho, Campo Novo, Tapejara e Erval Seco RS
Formosa do Rio Preto BA	Formosa do Rio Preto BA
Correntina BA	Correntina, Jaborandi BA
Balsas MA	Balsas, Tasso Fragoso, Sambáia, Riachão, São Raimundo das Mangabeiras MA, Uruçuí PI, Pedro Afonso e Campos Lindos TO
Ituverava SP	Ituverava, Guairá, Miguelópolis, Morro Agudo, Barretos, Ipuã e Colômbia SP
Cândido Mota SP	Cândido Mota, Palmital, Maracaí e Tarumã SP
Pato Branco PR	Pato Branco, Mangueirinha, , Chopizinho, Coronel Vivida, Honório Serpa, Clevelândia, Renascença,, São João PR, Abelardo Luz e Xanxerê SC
Sinop MT	Sinop, Vera e Sta Carmem MT
Lagoa Vermelha RS	Lagoa Vermelha, Muitos Capões, Vacaria, , Barracão, Sananduva e Campos Novos SC
São Borja RS	São Borja, São Francisco de Assis, Itaqui e Maçambará RS
Cachoeira do Sul RS	Cachoeira do Sul e São GabrielRS
Mafra SC	Mafra SC
Vilhena RO	Vilhena RO
Formoso do Araguaia TO	Formoso do Araguaia TO

Fonte: Elaborado pelo autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, K.G.; GREENLEES, J.S.; MOULTON, B.R. Working to improve the consumer price index. **Journal of Economic Perspectives**, v.12, n.1, p.26-36, Winter 1998.

ALLEN, B.; LIU, D. Service quality and motor carrier costs: an empirical analysis. **The Review of Economics and Statistics**, v.77, n.3, p.499-509, Aug. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. **Dados estatísticos**. http://www.abiove.com.br (14 jan. 2003)

BALLOU, R.H. **Logística empresarial**: transportes, administração de materiais e distribuição física. Trad. Hugo T.Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 1993. 388p.

BALTIC EXCHANGE. **Manual of panelists**. http://www.be.co (04 Sep. 2002)

BALTIC EXCHANGE. **The Baltic Code 2002**. http://www.be.co (11 Nov. 2002)

BARROS, G.S.C.; MARQUES, P.V.; BACCHI, M.R.P.; CAFFAGNI, L.C. **Elaboração de indicadores de preços da soja**: um estudo preliminar. Piracicaba: ESALQ, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 1997. 89p.

BEILOCK, R.; BONEVA, P.; JOSTOVA, G.; KOSTADINOVA, K.; VASSILEVA, D. Road conditions, border crossings and freight rates in Europe and Western Asia. **Transportation Quarterly**, v.50, n.1, p.79-90, Winter 1996.

BEILOCK, R.; GARROD, P.; MIKLIUS, W. Freight charge variations in truck transportation markets: price discrimination or competitive pricing ? **American Agricultural Economics Association**, v.68, n.2, p.226-236, May 1986.

BINKLEY, J.K.; HARRER, B. Major determinants of ocean freight rates for grains: an econometric analysis. **American Journal of Agricultural Economics**, v.63, n.1, p.47-57, Feb. 1981.

BOSKIN, M.J.; DULBERGER, R.J.; GORDON, R.J.; GLILICHES, Z.; JORGENSON, D.W. Consumer prices, the consumer price index, and the cost of living. **Journal of Economic Perspectives**, v.12, n.1, p.3-26, Winter 1998.

BRASIL. Secretaria de Comércio Exterior - SECEX. **Aliceweb**. http://aliceweb.mdic.gov.br (04 fev. 2003)

BUCK, J.D. A pricing efficiency analysis of the feasibility of a barge freight futures market. Urbana, 1987. 66p. Thesis (M.S.) – University of Illinois.

BYINGTON, R.; OLIN, G. An econometric analysis of freight rate disparities in US liner trades. **Applied Economics** , v.15, n.3, p.403-407, 1983.

CAIXETA-FILHO, J.V. Sistema de informações de fretes para cargas agrícolas: concepção e aplicações. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v.1, n.1, p.41-52, set. 1998.

CAIXETA-FILHO, J.V. Sobre a competitividade do transporte no agribusiness brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 37., Foz do Iguaçu, 1999. **Anais**. Brasília: Sober, 1999. p.8-11.

CAIXETA-FILHO, J.V.; SILVA, N.D.V.; GAMEIRO, A.H. et al. Competitividade no agribusiness: a questão do transporte em um contexto logístico (compact disc). In: FARINA, E.M.M.Q.; ZYLBERSZTAJN, D. (Coord.). **Competitividade no agribusiness brasileiro**. São Paulo: FEA/FIA/PENSA/USP, 1998. v.6, parte C.

CARCANHOLO, R.A. O valor, a riqueza e a Teoria de Smith. **Análise Econômica**, v.9, n.15, p.183-205, mar. 1991.

CARMO, H.C.E. Um enfoque integrado para números-índice econômicos: uma aplicação ao cálculo de preços ao consumidor no município de São Paulo no período 1939-1986. São Paulo, 1987. 260p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

CASS INFORMATION SYSTEMS. **About Cass**. http://www.cassinfo.com/about.html (28 Feb. 2002)

CASS INFORMATION SYSTEMS. **Freight index**. http://www.cass.com/frtindex.html (28 Feb. 2002)

CASTRO, N.R. Estrutura e desempenho do setor de transporte rodoviário de carga. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.18, n.1, p.55-82, abr. 1988.

CASTRO, N.R. Privatização e regulação dos transportes no Brasil. In: CAIXETA-FILHO, J.V.; MARTINS, R.S. **Gestão logística do transporte de cargas**. São Paulo: Atlas, 2001. 296p.

CHOW, G.; SHIOMI, E.; CARAVAN, J. Road haulage performance in small volume markets. WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH, 7., Sydney, 1995. **Annals**. Lyon: World Conference on Transport Research Society, 1995. p.97-108.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Indicadores da agropecuária**. http://www.conab.gov.br (28 jul. 2002)

CORRÊA-JÚNIOR, G. Principais determinantes do preço do frete rodoviário para transporte de soja em grãos em diferentes regiões brasileiras: uma análise econométrica. Piracicaba, 2001. 102p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CULLINANE, K. A short-term adaptive forecasting model for BIFFEX speculation: a Box-Jenkings approach. **Maritime Policy and Management**, v.19, p.91-114, 1992.

CULLINANE, K.; MASON, K.J.; CAPE, M. A comparison of models for forecasting the Baltic freight index: Box-Jenkins revisited. **International Journal of Maritime Economics**, v.1, p.73-86, 1999.

DE VANY, A.S.; SAVING, T.R. Product quality, uncertainty, and regulation: the trucking industry. **American Economic Review**, v.67, p.561-69, 1977.

DEATON, A. Getting prices right: what should be done ? **Journal of Economic Perspectives**, v.12, n.1, p.37-46, Winter 1998.

DENNING, K.C.; RILEY, W.B.; DELOOZE, J.P. Baltic freight futures: random walk or seasonally predictable ? **International Review of Economics and Finance**, v.3, p.399-429, 1994.

DIEWERT, W.E. Exact and superlative index numbers. **Journal of Econometrics**, v.4, p.115-45, 1976.

DIEWERT, W.E. Superlative index numbers and consistency in aggregation. **Econometrica**, v.46, p.883-900, 1978.

DIEWERT, W.E. Index numbers. In: EATWELL, M.M.; NEWMAN, J. (Ed.). **The new Palgrave**: a dictionary of Economics. London: Macmillan, 1987. p.767-780.

DIEWERT, W.E. Index number issues in the Consumer Price Index. **Journal of Economic Perspectives**, v.12, n.1, p.46-58, Winter 1998.

DIEWERT, W.E. **The consumer price index and index number theory**: a survey. Vancouver: The University of British Columbia, 2001. 103p. (Discussion paper 01-02)

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES – GEIPOT. **Anuário estatístico dos transportes 2000**. Brasília, 2000. http://www.cnt.org.br (26 out. 2001)

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES – GEIPOT. **Corredores de transportes**: proposta de ações para adequação da infra-estrutura e para racionalização do transporte de granéis agrícolas. Brasília, abr. 1997. 1v. (Relatório de atualização)

ESTIMA. **RATS for Windows v.4.30** (software). Evanston, 1997.

FEHD, C.S. Introducing price indexes for railroad freight. **Monthly Labor Review**, v.98, n.6, p.19-24, 1975.

FILARDO, M.L.R.; ILARIO, A.A.; PEIXOTO, C.A.F. **A metodologia do Índice de Custos do Transporte Coletivo Urbano Sobre Rodas** - ICTU-FIPE/SPTrans. http://www.fipe.com.br (05 mar. 2003)

FISHER, I. **The making of index numbers**: a study of their varieties, tests and reliability. Boston: Houghton Mifflin Co., 1927. Reprinted. New York: Augustos M. Kelley, 1967.

FISHER, W.C. The tabular standard in Massachusetts history. **Quarterly Journal of Economics**, v.27, p.417-54, 1913.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2003**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2003. 544p.

FRISCH, R. O problema dos números índices. **Revista Brasileira de Estatística**, v.11, n.42, p.187-214, abr./jun. 1950.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. Um novo índice: o INPT e sua formação. **Conjuntura Econômica**, v.38, n.2, p.75-78, fev. 1984.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS - FIPE. **Índice Nacional de Variação de Custos do Transporte Rodoviário de Carga Ampliado (INCTA)**: aspectos metodológicos. http://www.fipe.com.br (19 dez. 2002)

GAMEIRO, A.H. **A demanda por seguro e o roubo de cargas no transporte rodoviário brasileiro**. Rio de Janeiro: Fundação Escola Nacional de Seguros, 1999. 140p. (Cadernos de Seguro: teses, v.4, n.11)

GAMEIRO, A.H.; CAIXETA-FILHO, J.V.; FERREIRA-FILHO, J.B.S. O roubo de cargas no sistema agroindustrial do algodão (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Anais**. Campo Grande: Embrapa, 2001.

GARRIDO, R.A. Spatial interaction between the truck flows through the Mexico-Texas border. **Transportation Research Part A**: policy and practice, v.34, n.1, p.23-33, Jan. 1998.

GARRIDO, R.A.; MAHMASSANI, H.S. Forecasting freight transportation demand with the space-time multimodal probit model. **Transportation Research Part B**: methodological, v.34, n.5, p.403-418, June 2000.

GOODWIN, P.B. A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price change. **Journal of Transport Economics and Policy**, v.26, n.2, p.155-186, May 1992.

GREENE, W.H. **Econometric analysis**. 2.ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. 791p.

GRIMM, C.; WINSTON, C. Competition in the deregulated railroad industry: sources, effects and policy issues. In: PELTZMAN, S.; WINSTON, C. (Ed.). **Deregulation of network industries**: what's next ? Washington: Brookings Institution, 2000. p.41-71.

GUALDA, N.L.P. Índice de preços ao consumidor: um estudo sobre sua determinação no Brasil. Porto Alegre, 1988. 436p. Dissertação (M.S) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HAIGH, M.S. Cointegration, unbiased expectations, and forecasting in the BIFFEX freight futures market. **Journal of Futures Markets**, v.20, n.6, p.545-571, July 2000.

HAIGH, M.S.; BRYANT, H.L. The effect of barge and ocean freight price volatility in international grain markets. **Agricultural Economics**, v.25, n.1, p.41-58, June 2001.

HAIGH, M.S.; HOLT, M.T. Hedging multiple price uncertainty in international grain trade. **American Journal of Agricultural Economics**, v.82, n.4, p.881-896, Nov. 2000.

HAUSER, R.J. Competitive forces in the U.S. inland grain transportation industry: a regional perspective. **Logistics and Transportation Review**, v.22, n.2, p.158-183, June 1986.

HILL, R.J.; FOX, K.J. Splicing index numbers. **Journal of Business & Economic Statistics**, v.15, n.3, p.387-389, July 1997.

HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 2.ed. São Paulo: Pioneira, 1991. 426p.

HSU, J.L.; GOODWIN, B.K. Dynamic relationships in the market for ocean grain freighting services. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v.43, n.2, p.271-284, July 1995.

INFORME SIFRECA. Sistema de Informações de Fretes. Piracicaba, v.7, n.70, fev. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Pesquisa agrícola municipal**, 2001. http:// www.sidra.ibge.gov.br. (20 dez. 2002)

JE HYDE & CO LTD. **About company**. http://www.jehyde.com (08 Jan. 2002)

JEVONS, W.S. **Theory of Political Economy**. 2.ed. London: Macmillan and Co., 1879. 339p.

JUDGE, G.G.; HILL, R.C.; GRIFFITHS, W.E.; LUTKEPOHL, H.; LEE, T.C. **Introduction to the theory and practice of Econometrics**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1988. 1022p.

KAVUSSANOS, M.G. Comparisons of volatility in the dry-cargo ship sector. **Journal of Transport Economics and Policy**, v.31, n.1, p.67-82, Jan. 1996.

KAVUSSANOS, M.G. The dynamics of time-varying volatilities in different size second-hand ship prices of the dry-cargo sector. **Applied Economics**, v.29, p.433-444, 1997.

KAVUSSANOS, M.G.; ALIZADEH, A.H. The expectations hypothesis of term structure and risk premia in dry bulk shipping freight markets: an EGARCH-M approach. /Presented at the 13. Australasian Banking and Finance Conference, Sydnei, 2000/

KAVUSSANOS, M.G.; ALIZADEH-M, A.H. Seasonality patterns in dry bulk shipping spot and time charter freight rates. **Transportation Research Part E**, v.37, p.443-467, 2001.

KAVUSSANOS, M.G.; NOMIKOS, N. Futures hedging when the structure of the underlying asset changes: the case of the BIFFEX contract. **The Journal of Futures Markets**, v.20, n.8, p.775-801, 2000.

KAVUSSANOS, M.G.; NOMIKOS, N. Hedging in the freight futures market. **Journal of Derivatives**, v.8, p.41-64, Fall 2000.

KAVUSSANOS, M.G.; NOMIKOS, N.K. The forward pricing function of the shipping freight futures market. **Journal of Futures Markets**, v.19, n.3, p.353-376, May 1999.

KAVUSSANOS, M.G.; NOMIKOS, N.K. Constant vs. Time-varying hedge ratios and hedging efficiency in the BIFFEX market. **Transportation Research Part E**: Logistics and Transportation, v.36, n.4, p.229-248, Dec. 2000.

KERR, J.D. Least square analysis of freight-rate anomalies. **Australian Journal of Statistics**, v.14, n.1, p.63-67, 1972.

KING, W.I. **Index numbers elucidated** New York: Longmans, Green and Co., 1930. 226p.

KONÜS, A.A. The problem of the true cost of living. **Econometrica**, v.7, p.10-29, 1939.

LI, J.; PARSON, M.J. Forecasting tanker freight rates using neural networks. **Maritime Policy and Management**, v.24, p.9-30, 1997.

MACK, L.J. Transportation in the BLS consumer price-index, 1935-55. **Monthly Labor Review**, v.79, n.8, p.922-925, 1956.

MAFIOLETTI, R.L. Formação de preços na cadeia agroindustrial da soja na década de 90. Piracicaba, 2000. 95p. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MARITIME RESEARCH INC. **About company**. http://matirime_research.com (25 Jan. 2002)

MARSHALL, A. Remedies for fluctuations of general prices: contemporary review. In: PIGOU, A.C. (Ed.). **Memorials of Alfred Marshall**. London: Macmillan & Company, 1925. Reprinted Mar. 1887.

MELO, F.A.M. Análise dos índices de preços e éstimativas de seus vieses. Rio de Janeiro, 1982. 132p. Dissertação (Mestrado) - Fundação Getúlio Vargas.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Access 2000** (software). Washington, 2000.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Excel 97** (software). Washington, 1997.

MIKLIUS, W.; CASAVANT, K.L.; GARROD, P.V. Estimation of demand for transportation of agricultural commodities. **American Journal of Agricultural Economics**, v.58, n.2, p.217-223, May 1976.

MILJKOVIC, D.; PRICE, G.K.; HAUSER, R.J.; ALGOZIN, K.A. The barge and rail freight market for export-bound grain movement from Midwest to Mexican Golf: an econometric analysis. **Transportation Research Part E**, v.36, n.2, p.127-137, June 2000.

MORLOK, E.K.; WARNER, J.A. Approximation equations for costs of rail, trailer-on-flatcar and truck intercity freight systems. **Transportation Research Records**, n.637, p.71-77. 1978.

MOULTON, B.R. Bias in the Consumer Price Index: what is the evidence ? **Journal of Economic Perspectives**, v.12, n.1, p.159-177, Winter 1998.

NORDHAUS, W.D. Quality change in price indexes. **Journal of Economic Perspectives**, v.12, n.1, p.59-68, Winter 1998.

OLIVEIRA, C.T. **O despertar da China**: a abertura para a economia de mercado. São Paulo: Aduaneiras, 1990. 211p.

OUM, T.H.; WATERS II, W.G.; YONG, J.S. Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates. **Journal of Transport Economics and Policy**, v.26, n.2, p.139-154, May, 1992.

PEROBELLI, F.S.; MATTOS, F.L. Utilização de números-índices de preços em mercados futuros agropecuário. **Resenha BM&F**, n.148, 2001. Suplemento.

PERSKY, J. Price indexes and general exchange values. **Journal of Economic Perspectives**, v.12, n.1, p.197-205, Winter 1998.

POLLAK, R.A. The Consumer Price Index: a research agenda and three proposals. **Journal of Economic Perspectives**, v.12, n.1, p.69-78, Winter 1998.

PRENTICE, B.E.; BENEL, D. Determinants of empty returns by US refrigerated trucks: conjoint analysis approach. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v.40, n.1, p.109-127, Mar. 1992.

ROBERTS, P.O. **Factors influencing the demand for goods movement**. Cambridge: MIT, Center for Transportation Studies, 1975. (Report, 75-16)

ROEHNER, B.M. The role of transportation costs in the economics of commodity markets. **American Journal of Agricultural Economics**, v.78, n.2, p.339-353, May 1996.

SAMUELSON, P.A.; SWAMY, S. Invariant economic index and canonical duality: survey and synthesis. **American Economic Review**, v.64, n.4, p.566-593, 1974.

SAMUELSON, R. **Modeling the freight rate structure**. Cambridge: MIT, Center for Transportation Studies, Feb. 1977. (Report, 77-7)

SAMUELSON, R.D.; LERMAN, ST.R.; ROBERTS, P.O.; KNEAFSEY, J.T. **Models for freight tariff estimation**. Cambridge: MIT, Center for Transportation Studies, 1976. 26p. (Report, 76-7)

SEANET. **International Tanker Freight Index Limited** http://www.seanet.co.uk/public/press/tanker.htm (10 Feb. 1998)

SELVANATHAN, E.A.; PRASADA RAO, D.S. **Index numbers**: a stochastic approach. London: The Macmillan Press, 1994. 242p.

SHANGHAI SHIPPING EXCHANGE - SSE. **Chineseshipping net**. http://www.sse.net.cn (02 Jan. 2003)

SILBERBERG, E. **The structure of Economics**. Singapore: McGraw-Hill, 1990. 686p.

SOARES, M.G.; CAIXETA FILHO, J.V. Caracterização do mercado de fretes rodoviários para produtos agrícolas. **Gestão e Produção**, v.4, n.2, p.186-203, ago. 1997.

SOARES, M.G.; GALVANI, P.R.C.; CAIXETA-FILHO, J.V. Transporte de soja em grãos e farelo de soja no Brasil. **Preços Agrícolas**, v.11, n.126, p.26-29, abr. 1997.

SSY CONSULTANCY AND RESEARCH LTD. **About SSY**. http://www.ssyonline.com (09 Jan. 2001)

TEIXEIRA-FILHO, J.L.L. Modelos analíticos de fretes cobrados para o transporte de cargas. Rio de Janeiro, 2001. 119p. Dissertação (M.S.) - Instituto Militar de Engenharia.

THEIL, H. Best linear index number of prices and quantities. **Econometrica**, v.28, n.2, p.464-480, abr. 1960.

THOMPSON, H.L. Freight rate equations. **Industrial and Engineering Chemistry**, v.52, n.11, p.40A-44A, Nov. 1960.

TRANSPORT CORPORATION OF INDIA - TCI. **TCI comes up with composite freight index**. http://www.tcil.com/news.asp (26 Sep. 2002)

TVEDT, J. Valuation of a european futures option in the BIFFEX market. **Journal of Futures Markets**, v.18, n.2, p.167-175, Apr. 1998.

VEENSTRA, A.W.; FRANSES, P.H. A co-integration approach to forecasting freight rates in the dry-bulk shipping sector. **Transportation Research Part A**: policy and practice, v.31, n.6, p.447-458, Nov. 1997.

WALSH, C.M. **The measurement of general exchange value**. New York: The Macmillan Company, 1901. 138p.

WILSON, G.W. Transportation and price stability. **American Economic Review**, v.59, n.2, p.261-276, 1969.

WILSON, W.W.; PREIWE, S.R.; DAHL, B. Forward shipping options for grain by rail: a strategic risk analysis. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v.23, n.2, p.526-544, Dec. 1998.

WINSTON, C.; CORSI, T.M.; GRIMM, C.M.; EVANS, C.A. et al. **The economic effects of surface freight deregulation**. Washington: The Brookings Institution, 1990. 69p.

WOUDSMA, C. Nafta and Canada-US cross-border freight transportation. **Journal of Transport Geography**, v.7, n.2, p.105-119, June 1999.

XIN, S. The study on the compilation of the China conteiner freight index. **Maritime Policy & Management**, v.27, n.3, p.303-308, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Glossário[1].

1. Termos em Português

"Frete": s. m. 1. Transporte fluvial ou marinho. 2. Carregamento do navio. 3. Importância que se paga pelo transporte de alguma coisa; carreto. 4. Coisa transportada. 5. Recado.

"Índice": s. m. 1. Tabela alfabética dos nomes das pessoas, nomes geográficos, acontecimentos etc., com a indicação de sua localização no texto. 2. Mat. Indicação numérica que serve para caracterizar uma grandeza. 3. Aquilo que denota qualidade: O jogo apresentou bom índice técnico.

"Preço": s. m. 1. Valor em dinheiro de uma mercadoria ou de um trabalho; custo. 2. Avaliação em dinheiro ou em valor assimilável a dinheiro. 3. Castigo, punição, recompensa. 4. Consideração, importância, merecimento, valia.

"Produto": s. m. 1. Aquilo que é produzido. 2. Resultado da produção. 3. Resultado do trabalho físico ou intelectual. 4. Mat. Resultado de uma multiplicação. 5. Fisiol. Substância que resulta de uma elaboração. 6. Quím. Resultado de uma reação.

"Rota": s. f. 1. Caminho marítimo ou aéreo; direção, rumo. 2. Por ext. Direção, caminho.

"Tarifa": s. f. 1. Tabela de direitos alfandegários. 2. Tabela de preços de serviços públicos, de incidência de certos impostos e taxas. 3. Preço fixado para transporte de passageiros.

"Taxa": s. f. 1. Preço fixo, regulamentado por uma convenção ou uso. 2. Cifra, preço em geral. 3. Porcentagem do capital que dá, na unidade de tempo, os juros de uma quantia aplicada.

"Transporte": s. m. 1. Ato ou efeito de transportar; transportação, transportamento. 2. Condução. 3. Carro ou veículo que serve para transportar o que é necessário a um exército em campanha. 4. Passagem de conta para a página seguinte ou

[1] Estes termos foram extraídos do Dicionário Michaelis UOL, 2001 (compact disc).

para outro livro.5. Mús. Passagem de um trecho musical para um tom diferente. 6. Entusiasmo, arrebatamento. 7. Êxtase.

2. Termos em Inglês

"Rate" (definição geral): n 1 medida proporcional, índice, razão, relação. 2 padrão. 3 grau de velocidade ou marcha. 4 classe, categoria, ordem. 5 preço, valor, taxa. 6 tarifa, contribuição, imposto, Br. imposto territorial municipal. // vt+vi 1 taxar, avaliar. 2 fixar preço ou taxa. 3 classificar, impor uma contribuição ou direito. 4 ser classificado. 5 considerar. 6 Gír. merecer. 7 Gír. ser benquisto. at any rate de qualquer forma, em qualquer caso. at no rate absolutamente, de modo algum. at that rate neste caso, se assim for. at the rate of à razão de. death rate índice de mortalidade. first rate de primeira ordem. rate of climb velocidade ascensional. rate of combustion grau de combustão. rate of exchange câmbio. rate of fire cadência de tiro. rate of return taxa de retorno. rate of speed (escala de) velocidade. rate of turnover índice de renovação de estoque.

"Rate" (definição para executivos): taxa classificatória; imposto municipal; taxa. 1. Taxa a cobrar ou a pagar, segundo uma determinada classificação. 2. Imposto ou taxa sob determinação de autoridade municipal, geralmente sobre a ocupação (às vezes propriedade) do imóvel em sua área. Este imposto é relativo ao montante de renda que a autoridade acredita que a propriedade poderia obter em um ano. 3. Montante pago em troca de alguma quantidade fixa de bens ou serviços.

"Shipper": n remetente, expedidor.

"Tariff" (definição geral): n 1 tarifa, direitos alfandegários. 2 lista de preços. // vt 1 taxar, tarifar. 2 elaborar tarifa.

"Tariff" (definição para executivos): tarifa. 1. Tabela de preços de serviços, principalmente dos de utilidade pública, como transporte etc. 2. Lista das alíquotas de impostos que incidem sobre produtos importados.

APÊNDICE 2 - Modelo de Samuelson (1977).

A demanda por transporte é uma demanda do tipo derivada. Em outras palavras o serviço de transporte é "consumido" como parte do processo de produção de um bem qualquer. Dessa forma, a demanda pelo transporte é uma função da oferta e demanda da commodity transportada.

Assume-se a seguinte situação representada pela Figura 1:

Ponto A:
Vários ofertantes com função de oferta agregada $S(p)$.

Ponto B:
Vários demandantes com função de demanda agregada $D(p + t + l(q))$.

Figura 1 - Esquematização do Caso 1, de fluxo de transporte, do Modelo de Samuelson (1977).

Há vários ofertantes, de uma certa commodity, no Ponto A, que será vendida em outra localização. Portanto, enquanto o Ponto A tem, no agregado, o monopólio da oferta da commodity, os indivíduos ofertantes no Ponto A são perfeitamente competitivos. A função de oferta agregada para a commodity no Ponto A é $S(p)$, na qual p é o preço recebido pelos ofertantes.

Similarmente, há vários compradores da commodity na localização representada pelo Ponto B. Enquanto o Ponto B tem, no agregado, o monopsônio do mercado da commodity, os indivíduos compradores são, da mesma forma que em A, considerados perfeitamente competitivos. A função de demanda agregada no Ponto B é $D(p + t + l(q))$, na qual p é o preço de mercado da unidade da commodity no Ponto A; t é a "tarifa de transporte" (preço do frete) para a unidade da *commodity* entre os Pontos A e B; e $l(q)$ são os custos logísticos por unidade da commodity movimentada em uma carga de

tamanho q. Assume-se que $l(q)$ é uma função única para todos os compradores e, portanto, a demanda agregada deve ser expressa como uma função de $p + t + l(q)$, o custo total que um comprador no Ponto B incorre para consumir uma unidade da *commodity* considerada.

1. Caso 1

Se o transportador tem o monopólio do frete dos produtos entre os dois pontos, este transportador terá uma receita que será igual a $tD(p + t + l(q))$. O seu custo será $C(D(p + t + l(q)))$, sendo C uma função crescente. Para maximizar o lucro, assumindo-se q como dado, o transportador depara-se com a seguinte situação:

$$\max_t \{tD(p+1+l(q)) - C(D(p+1+l(q)))\} \tag{1}$$

O problema é resolvido igualando-se a deriva de (1), em relação a t, a zero:

$$D(p+1+l(q)) + t\frac{dD}{dt} = \frac{dC}{dD}\frac{dD}{dt} \tag{2}$$

Observa-se que p é uma função implícita de t. Isso ocorre pelo fato de que o equilíbrio exige que:

$$D(p+1+l(q)) = S(p) \tag{3}$$

Em outras palavras, uma mudança no preço do frete t afeta o preço p do produto na origem. Pela regra da cadeia, $\frac{dD}{dt}$ pode ser expresso como:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial D}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial t} \tag{4}$$

Substituindo-se (3) em (2) resulta em uma condição mais completa da condição de maximização de lucro:

$$D(p + t + l(q)) + t\frac{\partial D}{\partial t} + t\frac{\partial D}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{dC}{dD}\left(\frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial D}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial t}\right) \tag{5}$$

É possível expressar (5) em termos do custo marginal do frete $\frac{dC}{dD}$, p, t e as elasticidades de demanda pela *commodity*. Isso ocorre obtendo-se a derivada total de (3):

$$\frac{\partial D}{\partial p}dp + \frac{\partial D}{\partial t}dt = \frac{\partial S}{\partial p}dp \tag{6}$$

Resolvendo-se para $\frac{dp}{dt}$:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\frac{\partial D}{\partial t}}{\frac{\partial S}{\partial p} - \frac{\partial D}{\partial p}} \tag{7}$$

Essa é a mesma expressão para $\frac{\partial p}{\partial t}$, já que p é uma função apenas de t. Pela definição de elasticidade da oferta e_S e elasticidade da demanda e_D:

$$\frac{\partial S}{\partial p} = e_S\frac{S(p)}{p} \tag{8}$$

e

$$\frac{\partial D}{\partial p} = -e_D \frac{D(p+t+l(q))}{p} \tag{9}$$

Observa-se também que:

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{\partial D}{\partial p} = -e_D \frac{D(p+t+l(q))}{p} \tag{10}$$

A primeira equação em (10) é verdadeira, já que *D* é uma função de *t* + *p* + *l(q)*, e, portanto, uma variação em *p* tem o mesmo efeito que uma variação em *t*; a última equação é simplesmente uma repetição da (9). Substituindo-se (8), (9), e (10) em (7), e considerando-se que a oferta deve ser igual a demanda no equilíbrio:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{-e_D \dfrac{D(p+t+l(q))}{p}}{e_S \dfrac{S(p)}{p} + e_D \dfrac{D(p+t+l(q))}{p}} = \frac{-e_D}{e_S + e_D} \tag{11}$$

Substituindo-se (8), (9), (10), e (11) em (5), a condição de maximização de lucro:

$$D(p+t+l(q)) - te_D \frac{D(p+t+l(q))}{p} - te_D \frac{D(p+t+l(q))}{p}\left(\frac{-e_D}{e_S+e_D}\right) =$$

$$= \frac{dC}{dD}\left\{e_D \frac{-D(p+t+l(q))}{p} - e_D \frac{D(p+t+l(q))}{p}\left(\frac{-e_D}{e_S+e_D}\right)\right\} \tag{12}$$

Dividindo-se por *D(p + t + l(q))*:

$$1 - \frac{te_D}{p} + \frac{te_D}{p}\left(\frac{e_D}{e_S+e_D}\right) = \frac{dC}{dD}\left\{\frac{-e_D}{p} + \frac{e_D}{p}\left(\frac{e_D}{e_S+e_D}\right)\right\} \tag{13}$$

Multiplicando-se por $p(e_S + e_D)$:

$$p(e_S + e_D) - te_D(e_S + e_D) + te_D^2 = \frac{dC}{dD}(-e_S e_D) \tag{14}$$

Simplificando-se e dividindo-se por $-e_S e_D$:

$$\frac{-p(e_S + e_D)}{e_S e_D} + t = \frac{dC}{dD} \tag{15}$$

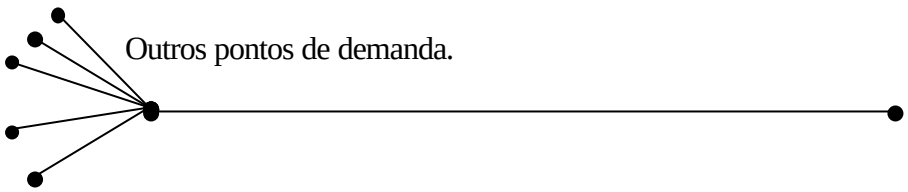
Isolando-se t:

$$t = \frac{dC}{dD} + p\left(\frac{1}{e_D} + \frac{1}{e_S}\right) \tag{16}$$

Portanto, o transportador monopolista irá estabelecer o preço do seu frete igual ao seu custo marginal de transporte mais o produto do preço da commodity e a soma dos inversos das elasticidades de oferta e demanda da commodity.

2. Caso 2

O segundo caso é aquele que considera diversos pontos de demanda, ao invés de apenas um. Essa situação é ilustrada na Figura 2.



Ponto A:
Vários ofertantes com
função de oferta agregada *S(p)*.

Ponto B:
Vários demandantes.

Figura 2 - Esquematização do Caso 2, de fluxo de transporte, do Modelo de Samuelson (1977).

Nesse caso, uma mudança na demanda no Ponto B não terá nenhum impacto no preço no Ponto A, uma vez que os compradores em B compõe uma parcela muito pequena do total de consumidores da *commodity* vendida pelo Ponto A. Se cada par de origem e destino é servido por um transportador diferente, não há formas do preço do frete de um único transportador ter algum impacto sobre o preço da *commodity*. Assim, $\frac{\partial p}{\partial t} = 0$ e a equação (5) é reduzida a:

$$D\big(p + t + l(q)\big) + t\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{dC}{dD}\frac{\partial D}{\partial t} \tag{17}$$

Utilizando-se (9) para substituir por $\frac{\partial D}{\partial p}$:

$$D\big(p + t + l(q)\big) = \frac{t}{p}e_D D\big(p + t + l(q)\big) = -\frac{dC}{dD}e_D\frac{D\big(p + t + l(q)\big)}{p} \tag{18}$$

Dividindo-se por $e_D\frac{D\big(p + t + l(q)\big)}{p}$ e isolando-se *t*:

$$t = \frac{dC}{dD} + \frac{p}{e_D} \tag{19}$$

Essa expressão nada mais é que a mesma (16) com $e_S = \infty$.

3. Caso 3

O terceiro caso é aquele que tem vários pontos de oferta, cada um servido por diferentes transportadores, e apenas um ponto de demanda. O resultado é:

$$t = \frac{dC}{dD} + \frac{p}{e_S} \tag{20}$$

Nota-se que é uma expressão análoga a (19), mas agora $e_D = \infty$.

4. Caso 4

O raciocínio até então partiu do pressuposto de que há apenas um transportador monopolista realizando o frete entre um par de origem e destino. O quarto e último caso seria aquele no qual há muitos transportadores servindo os pares, caracterizando um mercado de transporte de competição perfeita. Sob essas condições, o valor do frete será simplesmente o custo marginal do serviço:

$$t = \frac{dC}{dD} \tag{21}$$

APÊNDICE 3 - Enfoque dos índices de preços.

A escolha da fórmula de cálculo deve estar relacionada à concepção teórica para construção dos índices. Para Carmo (1987):

> *"O cerne dessas dificuldades reside no fato de que um índice é aplicado, quando se trata de um complexo de itens heterogêneos, a magnitudes não observáveis diretamente, como o nível geral de preços, o nível de utilidade ou o nível de atividade econômica. Refere-se, assim, à medida de variações na magnitude não observável, entre duas ou mais situações" (p.22).*

Mas o problema não estaria apenas na mensuração de magnitudes não observáveis, mas também - e de certa forma decorrente disso - na necessidade de agregação de itens heterogêneos.

Portanto, há uma distância entre teoria e aplicação prática no que se refere à elaboração dos números-índice, em especial os de preço. Isso porque as diversas fórmulas desenvolvidas – e isso deve ter ficado claro na seção anterior – originam índices que são apenas "aproximações" da realidade, ou seja, medidas que se aproximam da real magnitude não-observada. Tem-se, por conseguinte, a necessidade de aproximações ou enfoques, o que levou as pesquisas a diversos estudos nesse sentido.

A seguir são abordados os principais enfoques utilizados na construção dos índices de preço.

1. Enfoque Axiomático

O enfoque axiomático, ou também chamado de lógico-matemático, tem sua fundamentação na análise matemática das fórmulas de cálculo. Como já mencionado, foi Irving Fisher o grande defensor e um dos precursores dessa concepção. Fisher analisava cada uma das possíveis fórmulas para o cálculo dos índices, submetendo-as a uma série de testes que tinham sua sustentação baseada na lógica.

Os principais testes propostos por Fisher (1927) eram os denominados "testes de reversão", sendo que os que recebiam mais destaque eram os de: (i) reversão de *commodity* (*"the commodity reversal test"*); (ii) reversão do tempo (*"the time reversal test"*); e (iii) reversão de fator (*"the factor reversal test"*). Ao primeiro, o autor designou o termo "preliminar" e os outros dois foram designados teste 1 e 2, respectivamente.

Segundo Fisher, qualquer fórmula deveria atender a esses três testes:

> *"Index numbers to be fair ought to work both ways – both ways as regards any two commodities to be averaged, or as regards the two times to be compared, or as regards the two sets of associated elements for which index numbers may be calculated – that is, prices and quantities" (p.62)*

O primeiro teste, acabou sendo chamado de "preliminar" por ser facilmente atendido. Esse teste garante que a ordem dos produtos não interfira no resultado do índice. Segundo a representação de Diewert (2001):

$$P\left(p^{0*}, p^{1*}, q^{0*}, q^{1*}\right) = P\left(p^{0}, p^{1}, q^{0}, q^{1}\right) \qquad (1)$$

Na expressão (1) p^{t*} denota a permuta entre os componentes do vetor p^{t}; e q^{t*} denota a permuta das quantidades q^{t} dos mesmos componentes, sendo $t = 0,1$[1]. Portanto, o índice de preço P deve ser invariável a permuta dos produtos que o compõe.

Já o atendimento ao teste de reversão ao tempo não é trivial. O teste, apesar de amplamente divulgado e defendido por Fisher, foi proposto inicialmente por Pierson (1896)[2].

Esse teste apresenta relação direta com a definição de base de cálculo. Dado que um índice representa a variação entre dois pontos, é necessário que haja uma base de comparação, que geralmente é um ponto no tempo. O presente teste garante que um

---

[1] Até o momento, estava-se utilizando o sobrescrito t para designar o período referencial e b para representar o período da base. Na apresentação dos enfoques adota-se os sobrescritos numéricos para designar os períodos ordenados no tempo. No caso mais simples, o período base será o inicial ($t = 0$) e o referencial, o período imediatamente seguinte ($t = 1$).

[2] PIERSON, N.G. Further Considerations on Index-Numbers. **Economic Journal**, v.6, p.127-131, 1896.

índice, que meça a variação da base para o ponto referencial (*forward*), apresente – exatamente – o resultado inverso caso seja calculado do ponto referencial para a base (*backward*).

Adotando-se a sistematização de Diewert (2001):

$$P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) = \frac{1}{P\left(p^1, p^0, q^1, q^0\right)} \tag{2}$$

Observa-se que no caso de apenas um produto, o teste seria atendido: se uma mercadoria dobrar de preço no período entre A e B, obviamente, quando se compara seu preço entre B e A, ele terá caído pela metade. Essa era a principal lógica por trás do teste.

Apesar da relevância do teste, ele não é atendido por uma série de índices de larga utilização, como os de Laspeyres e Paasche, por exemplo. Facilmente pode-se observar que índices baseados em médias aritméticas não atendem ao teste, ao contrário daqueles baseados em médias geométricas. Esse foi um dos motivos que estimularam o uso das médias geométricas. Posteriormente, percebeu-se que essas, porém, apresentavam outras inconveniências, como será abordado no enfoque estatístico.

O terceiro teste de reversão de Fisher – o de reversão de fator – é bastante análogo ao anterior. Assim como a fórmula deve permitir o intercâmbio entre os dois períodos de cálculo, também deveria possibilitar a troca entre preços e quantidades sem gerar diferenças. Em outras palavras, o resultado da multiplicação de preços por quantidades deveria sempre dar o mesmo resultado. Ao apresentar esse teste ficou clara a existência de um índice de preços sempre vinculado a um índice de quantidades.

$$P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) P\left(q^0, q^1, p^0, p^1,\right) = \frac{\sum_{n=1}^{N} p_n^1 q_n^1}{\sum_{n=1}^{N} p_n^0 q_n^0} \tag{3}$$

Diewert (2001) justifica o teste afirmando que: (i) se $P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right)$ é uma forma funcional adequada para o índice de preço, então a reversão dos papéis – entre preço e quantidade - $P\left(q^0, q^1, p^0, p^1,\right)$ deveria ser uma adequada forma para o índice de quantidade; e, portanto, (ii) o produto do índice de preço $P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right)$ e do índice de quantidade $Q\left(p^0, p^1, q^0, q^1,\right) = P\left(q^0, q^1, p^0, p^1,\right)$ deveria originar a razão de valores V_1/V_0. A segunda parte da justificativa não parece ser necessariamente verdadeira, de modo que o autor explica que, por esse motivo, muitos autores questionam o teste em questão.

O Índice de Fisher é um dos poucos que atende a esse teste, sendo esse um dos motivos que levou o autor a denominá-lo de "índice ideal". Os índices de Laspeyres e Paasche não atendem ao teste. Entretanto, por ser um teste "questionável", essa acaba não sendo uma limitação aos mesmos.

Os índices geométricos, que atendiam ao Teste 1 de Fisher, não o fazem em relação ao Teste 2, prejudicando sua recomendação sob essa ótica.

O quarto teste de Fisher é o da circularidade, estudado pela primeira vez por Westergaard em 1890. Provavelmente este é o teste que gera maior polêmica.

Partindo do mesmo raciocínio do teste de reversão ao tempo, definido para dois pontos, Fisher questionou se não seria o caso de haver uma fórmula que garantisse a consistência do índice quando calculado entre mais de dois pontos no tempo ou no espaço.

Suponha-se um índice calculado entre A e B (dois pontos quaisquer no espaço ou no tempo), sendo o A tomado como base 100 e com uma variação para 110 em B. Suponha-se, ainda, um terceiro ponto C. Então se tomando B como base 110, a variação desse para C resulta em um índice 115. Agora, para completar o circuito, tomando C como base 115, por comparação direta desse com o ponto A, deve-se obter o mesmo índice 100 para esse último. Em outras palavras, em obtendo-se 115 para C "via B", deve-se necessariamente obter 115 quando se compara – diretamente – A com C[3].

[3] Fisher apresenta um exemplo semelhante a esse, porém dando nome aos pontos, sendo A, a cidade de Nova Iorque, B a de Filadélfia e C, Chicago.

Com seus estudos, Fisher acabou concluindo por ser "enganosa" a comparação do teste da circularidade com o de reversão ao tempo. Mais do que isso, conclui que o atendimento ao teste da circularidade é exatamente uma prova de que a fórmula em questão é equivocada, quando da consideração de um índice baseado em mais de um produto.

Com a passagem:

> *"Index numbers are to some extent empirical, and the supposed inconsistency in the failure of (variable weighted) index numbers to conform to the circular test, is really a bridge to reality" (p.274),*

Fisher assume o caráter empírico dos índices como se estivesse reconhecendo que o mesmo naturalmente vai levar a inconsistências com a realidade.

Um importante assunto na Teoria dos Números-Índice está por trás do teste da circularidade e, por esse motivo, tal teste apresenta maior relevância. Trata-se da escolha da base, que pode ser fixa ou encadeada. Para um índice qualquer apresentar o mesmo resultado independentemente do tipo de base adotada (fixa ou encadeada), o mesmo precisa atender ao teste em questão.

Diewert (2001) explica que Funke et al. (1979)[4] demonstraram que o teste da circularidade só seria atendido pelo índice geométrico de Jevons.

Algebricamente, poder-se-ia representar o teste da circularidade da seguinte maneira:

$$P\left(p^0, p^2, q^0, q^2\right) = P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) P\left(p^1, p^2, q^1, q^2\right) \tag{4}$$

O problema por trás do índice de Jevons é que o mesmo considera os pesos dos preços constantes (iguais a 1/N) e, portanto, independentes das quantidades consumidas dos produtos em cada ponto no tempo. Esse é o principal motivo que descaracteriza o índice como um bom estimador da variação geral dos preços. Por esse motivo, o teste da

[4] FUNKE, H.; HACKER, A.G.; VOELLER, J. Fisher's Circular Test Reconsidered. **Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtshaft und Statistik.**, v.115, p.677-687, 1979.

circularidade - como afirmava Fisher - não é uma exigência para um "bom" índice de preço.

Contudo, Diewert (2001) explica que, apesar de não ser plenamente atendido, é interessante que o resultado do teste aproxime-se ao seu atendimento. O próprio Índice de Fisher, conforme por ele mesmo demonstrado, apresenta um "desvio bastante pequeno" em relação ao resultado esperado do teste. Além desse, os índices de Walsh e Törnqvist também apresentam resultados com pequenos desvios em relação ao teste da circularidade.

Os quatro testes apresentados são considerados os precursores do enfoque axiomático. Depois desses, uma série de outros foram propostos e, paulatinamente, passaram a fazer parte do conjunto de testes recomendados. O autor contemporâneo que tem se preocupado na sistematização dos testes é W. Erwin Diewert. No seu trabalho mais recente, de 2001, o autor apresenta uma completa revisão e descrição dos testes utilizados na teoria dos índices de preço.

O teste da positividade, sugerido por Eichhorn & Voeller (1976)[5], garante que um índice seja sempre positivo:

$$P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) > 0 \qquad (5)$$

Ademais, Fisher, em seu trabalho clássico, afirmou categoricamente que um índice deveria ser continuo em seus argumentos. Não propôs que esse deveria ser um "teste" no sentido da palavra, mas os estudiosos acabaram transformando-o em tal. Em síntese, há o teste da continuidade que garante que $P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right)$ seja uma função contínua em seus argumentos.

Esses dois testes – positividade e continuidade – são unanimidade e, portanto, amplamente aceitos no meio acadêmico.

Há dois outros testes básicos, porém, que geram alguma controvérsia.

---

[5] EICHHORN, W.; VOELLER, J. **Theory of Price Index.** Berlim: Springer-Verlang, 1976. (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 140)

O teste da identidade ou dos "preços constantes" foi recomendado por vários autores, como o próprio Laspeyres e Walsh. Fisher, em 1911[6], chegou a propô-lo. Sua representação é a seguinte:

$$P\left(p, p, q^0, q^1\right) = 1 \tag{6}$$

Se os preços de todas as mercadorias forem idênticos nos dois períodos em comparação, então o índice de preço deve ser igual à unidade, independentemente do vetor das suas respectivas quantidades. A controvérsia desse teste reside no fato de que, sob a ótica da Teoria Econômica, o vetor de quantidade guarda relação direta com o de preços, de modo que, se os preços são mantidos constantes, as quantidades também o devem ser. Portanto, apesar de haver uma lógica matemática, o teste apresenta pouca importância do ponto de vista teórico.

O outro teste é, de certa forma, bastante semelhante. Esse recebe o nome de teste da cesta fixa ou teste das quantidades constantes. O mesmo foi proposto por Willard Fisher (1913) e adotado por diversos autores, como Lowe, Scrope, Jevons, dentre outros.

$$P\left(p^0, p^1, q, q\right) = \frac{\sum_{n=1}^{N} p_n^1 q_n}{\sum_{n=1}^{N} p_n^0 q_n} \tag{7}$$

Diewert (2001) explica que, se o índice de preço P satisfaz esse teste, e sendo P e Q garantidos pelo teste de reversão de produtos (proposto por Fisher), então o índice de quantidade Q também deve satisfazer o teste de identidade, exposto anteriormente, ou seja $Q\left(p^0, p^1, q, q\right) = 1$. Esse teste é controverso pelo mesmo motivo anterior.

Há outros quatro testes que foram agrupados por Diewert, recebendo a denominação genérica de testes de homogeneidade. Os mesmos restringem o comportamento do índice de preço P à medida que a escala de algum dos vetores

[6] FISHER, I. **The Purchasing Power of Money**. London: Macmillan, 1911.

p^0, p^1, q^0, q^1 seja alterada. Os testes são: teste da proporcionalidade dos preços correntes, teste da proporcionalidade inversa nos preços da base, teste da invariância a mudanças proporcionais nas quantidades correntes, e teste da invariância a mudanças proporcionais nas quantidades da base.

O teste da proporcionalidade dos preços correntes, que teve em Walsh (1901) seu grande defensor, pode ser assim representado:

$$P\left(p^0, \lambda p^1, q^0, q^1\right) = \lambda P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) \text{ para } \lambda > 0 \qquad (8)$$

Essa representação pode ser entendida como uma exigência para que a função do índice de preço P seja positivamente homogênea de grau um nos componentes do vetor de preços no período *1*.

O teste da proporcionalidade inversa nos preços da base é um "complemento" do anterior e foi sugerido por Eichhorn & Voeller (1976) [7].

$$P\left(\lambda p^0, p^1, q^0, q^1\right) = \frac{1}{\lambda} P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) \text{ para } \lambda > 0 \qquad (9)$$

Os dois próximos testes são do tipo "invariância" e são similares aos seus antecessores. Representa-se o teste da invariância a mudanças proporcionais nas quantidades correntes, da seguinte maneira:

$$P\left(p^0, p^1, q^0, \lambda q^1\right) = \frac{1}{\lambda} P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) \text{ para } \lambda > 0 \qquad (10)$$

O teste garante que a função do índice de preço seja positivamente homogênea de grau zero nos componentes do vetor de quantidades do período 1. Foi recomendado por Vogt (1980)[8].

[7] EICHHORN, W.; VOELLER, J. op. cit.

O seguinte é o teste da invariância a mudanças proporcionais nas quantidades da base, é o complemento do anterior, e pode assim ser definido:

$$P\left(p^0, p^1, \lambda q^0, q^1\right) = P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) \text{ para } \lambda > 0 \qquad (11)$$

Esse teste foi utilizado por Diewert, em seu artigo de 1992[9].

O próximo grupo de testes compreendem os cinco chamados testes simétricos e são os largamente conhecidos testes de reversão. Os testes de reversão de *commodity* e do tempo, propostos por Fisher, já foram apresentados, restando outros três testes[10]: o da invariância a mudanças nas unidades de mensuração, o da reversão de quantidade e o de reversão do preço.

O teste da invariância a mudanças nas unidades de mensuração garante que o índice de preço não seja alterado caso as unidades de mensuração de cada produto o sejam. Esse conceito partiu de Jevons e foi aperfeiçoado por Pierson. Fisher também o considerou, denominando-o como teste da "comensurabilidade". Sua representação é a seguinte:

$$P(\alpha_1 p_1^0, ..., \alpha_N p_N^0; \alpha_1 p_1^1, ..., \alpha_N p_N^1; \alpha_1^{-1} q_1^0, ..., \alpha_N^{-1} q_N^0; \alpha_1^{-1} q_1^1, ..., \alpha_N^{-1} q_N^1) =$$
$$P(p_1^0, ..., p_N^0; p_1^1, ..., p_N^1; q_1^0, ..., q_N^0; q_1^1, ..., q_N^1) \qquad (12)$$

para todo $\alpha_1 > 0, ..., \alpha_N > 0$.

Os testes de reversão de quantidade e o de reversão do preço são controversos com a Teoria Econômica, de modo que muitos autores os desconsideram como testes válidos.

---

[8] VOGT, A. Der Seit und der Faktorumkehrtest als "Finders of Tests". **Statistische Hefte**, v.21, p.66-71, 1980.

[9] DIEWERT, W.E. Fisher Ideal Output, Input and Productivity Indexes Revisited. **Journal of Productivity Analysis**, v.3, p.211-248, 1992.

[10] É importante ressaltar que, na sistematização de Diewert, o teste de reversão de fatores não é incluído nesse grupo, por estar sujeito a muitas controvérsias e, conseqüentemente, poder ser relaxado.

O teste de reversão de quantidade, proposto por Funke & Voeller (1978)[11], garante que se os vetores de quantidades sejam trocados entre dois períodos, então o índice de preço deve manter-se constante.

$$P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) = P\left(p^0, p^1, q^1, q^0\right) \tag{13}$$

O teste de reversão do preço é análogo ao anterior e foi proposto por Diewert (1992), já citado.

$$Q\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) = Q\left(p^1, p^0, q^0, q^1\right) \tag{14}$$

Para que isso seja verdadeiro, é necessário, ainda que o teste da reversão de fatores também o seja.

O próximo grupo de testes foi classificado por Diewert (2001) como testes de valor médio e são em número de três: o teste de valor médio para preços, o teste de valor médio para quantidades e o teste do limite de Paashe e Laspeyres.

O teste de valor médio para preços, proposto pelos já mencionados Eichhorn & Voeller (1976), pode assim ser definido:

$$\min_n \left(\frac{p_n^1}{p_n^0} : n = 1,\ldots, N\right) \leq P(p^0, p^1, q^0, q^1) \leq \max_N \left(\frac{p_n^1}{p_n^0} : n = 1,\ldots, N\right) \tag{15}$$

ou seja, o índice de preço deve situar-se entre a razão mínima e máxima de preços da série.

Já o teste de valor médio para quantidades, apresentado inicialmente por Diewert (1992), é análogo ao anterior, aplicado às quantidades:

---

[11] FUNKE, H.; VOELLER, J. A note on the Characterization of Fisher's Ideal Index. In EICHHORN, R.H.; OPITZ, O.; SHEPHARD, R.W. (Ed.). **Theory and Applications of Economic Indices**. Würzburg: Physica-Verlag, 1978. p.177-181.

$$\min_n \left(\frac{q_n^1}{q_n^0} : n = 1,\ldots, N\right) \leq Q(p^0, p^1, q^0, q^1) \leq \max_N \left(\frac{q_n^1}{q_n^0} : n = 1,\ldots, N\right) \tag{16}$$

Mais uma vez, para que isso seja verdadeiro, é necessário ainda que o teste da reversão de fatores também o seja.

O último teste deste grupo, lançado por Bowley (1901) e sugerido por Fisher (1922) como sendo uma propriedade importante de ser atendida do ponto de vista teórico, simplesmente garante que o índice de preço *P* apresente um valor intermediário entre os índices de Laspeyres e Paasche.

Finalmente, Diewert (2001) agrupou quatro testes de monotonicidade: mononicidade em preços correntes, em preços da base, em quantidades correntes e quantidades da base. Os dois primeiros foram sugeridos por Eichhorn & Voeller (1976) e os últimos por Vogt (1980), ambos já citados.

Os testes, na respectiva seqüência são assim representados:

$$P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) < P\left(p^0, p^2, q^0, q^1\right) \text{ se } p^1 < p^2 \tag{17}$$

$$P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) > P\left(p^2, p^1, q^0, q^1\right) \text{ se } p^0 < p^2 \tag{18}$$

$$Q\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) < Q\left(p^0, p^1, q^0, q^2\right) \text{ se } q^1 < q^2 \tag{19}$$

$$Q\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right) > Q\left(p^0, p^1, q^2, q^1\right) \text{ se } q^0 < q^2 \tag{20}$$

Ressalta-se que os dois últimos testes exigem, como pré-requisito, que o teste da reversão de fator também seja obedecido.

A sistematização dos testes de Diewert (2001) – contemplando 20 dos testes apresentados - é apenas uma das formas de conceber o enfoque axiomático. Outros autores sistematizaram os distintos índices de modo alternativo, sendo dois exemplos, os trabalhos de Eichhorn & Voeller (1976) e Vartia (1976), já citados.

Melo (1982), que é uma das principais referências brasileiras no assunto, utilizou a sistematização proposta pelos autores mencionados, agregando outras contribuições. Nessa sistematização, a abordagem axiomática não se baseia apenas nos chamados "testes", mas agrega as propriedades dos índices em axiomas, propriedades decorrentes e propriedades desejadas. No fundo, não há grande diferença prática, apenas didática.

A sistematização alternativa consta, inicialmente, de cinco axiomas, descritos a seguir (entre parênteses, o nome correspondente na sistematização de Diewert): Axioma da Monotonicidade (contemplando os testes de monotonicidade em preços correntes e em preços da base); Axioma da Homogeneidade Linear (teste da proporcionalidade nos preços correntes); Axioma da Identidade (teste básico da identidade, ou de preços constantes); Axioma da Dimensionalidade (não contemplado por Diewert[12]); e Axioma da Comensurabilidade (teste da "comensurabilidade"). Esses axiomas seriam os "requisitos mínimos" necessários para que um índice de preços possa ser considerado como tal.

As propriedades decorrentes, por sua vez, derivam do atendimento dos axiomas. Essas são em número de três: proporcionalidade (testes de proporcionalidade nos preços correntes); homogeneidade de grau menos um (teste da proporcionalidade inversa dos preços no período da base); e valor médio (teste do valor médio para preços).

Finalmente, as propriedades desejadas seriam aquelas cujo atendimento daria a um índice o título de "índice superior", denominação essa bastante utilizada por alguns autores. As propriedades desejadas constam, basicamente, dos principais testes de Fisher, além de outros dois que serão apresentados a seguir. São elas as propriedades: reversão temporal (teste de reversão do tempo); reversão de fatores (teste de reversão de fator); circularidade (de mesmo nome); determinação e consistência na agregação.

O teste da determinação fora incluído na sistematização de Diewert até seu trabalho de 1986, mas acabou sendo deixado de lado por ser um teste pouco relevante, provavelmente devido às constatações de Theil (1973). Apesar disso, Melo (1982)

[12] Na sua sistematização de 1986, Diewert incluiu esse teste denominando-o de "teste da invariância a mudanças na escala". Segundo o autor, o teste teria sido sugerido por Vartia para o estudo do mercado de moeda. Não fica claro o motivo desse teste ter sido excluído por Diewert em sua sistematização de 2001. Provavelmente isso possa ter ocorrido por se tratar de um teste específico para a circulação de moeda.

considera esse teste de uma certa relevância, denominando-o de teste da determinação ou "*irrelevance of tiny commodities test*"[13], cuja representação é a seguinte:

$$\lim_{x_N^1 \to 0, x_N^2 \to 0} P^N(p^1, p^2, q^1, q^2) = P^{N-1}(p_1^1, ..., p_{N-1}^1, p_1^2, ..., p_{N-1}^2, q_1^1, ..., q_{N-1}^1, q_1^2, ..., q_{N-1}^2) \quad (21)$$

O teste da determinação garante que, assim que a quantidade do produto *N* tenda a zero em ambos os períodos (e, portanto, o produto *N* torna-se irrelevante), o índice de preço dos *N* produtos deve tender ao índice de preço dos *N-1* produtos, do qual o preço e quantidade do produto *N* foi retirado do cálculo. Esse teste exige, como pré-requisito, o teste de reversão de *commodity*. Para Melo (1982), Theil (1973) teria defendido a utilização desse teste especialmente para índices compostos por produtos com acentuada oscilação de preços, como os produtos sazonais. É importante chamar a atenção, para concluir, que Fisher chegou a estudar o teste da determinação no seu livro clássico de 1922, mas sem dar maior importância ao mesmo.

O segundo teste não contemplado por Diewert, e considerado como uma propriedade desejada, é da consistência na agregação. Esse teste, conforme defende Melo (1982), "...exige que os subconjuntos sejam definidos de tal modo que não haja interseção entre quaisquer subconjuntos e que, afinal, o índice calculado em estágios seja igual ao índice calculado a partir das informações desagregadas". Tal concepção teria partido de Theil (1967)[14].

Para facilitar a compreensão dos testes apresentados, os 20 testes da sistematização de Diewert (2001) são ilustrados na Tabela 1.

[13] Essa foi a nomenclatura sugerida por Diewert (1986).

[14] THEIL, H. **Economics and Information Theory**. Amsterdam: North Holland Publishing Company, 1967.

Tabela 1. Sistematização dos 20 testes axiomáticos.

Grupo	Teste	Autores	Controvérsia
"Básicos"	Positividade	Eichhorn & Voeller	Nenhuma
	Continuidade	Fisher	Nenhuma
	Identidade ou dos preços constantes	Laspeyres, Walsh, Eichhorn & Voeller e Fisher	Alguma inconsistência com a Teoria Econômica
	Cesta Fixa ou das quantidades constantes	Willard Fisher, Lowe, Scrope, Jevons etc	Alguma inconsistência com a Teoria Econômica
De homogeneidade	Proporciona lidade em preços correntes	Walsh, Eichhorn & Voeller e Vogt	Nenhuma
	Proporcionalidade inversa nos preços da base	Eichhorn & Voeller	Nenhuma
	Invariância a mudanças proporcionais nas quantidades correntes	Vogt	Alguma inconsistência, pois exige a garantia do teste de reversão de fator.
	Invariância a mudanças proporcionais nas quantidades da base	Diewert	Alguma inconsistência, pois exige a garantia do teste de reversão de fator.
Simétricos	Reversão de commodity	Fisher e Walsh	Nenhuma
	Invariância a muda nças nas unidades de mensuração ("*commensurability test*")	Jevons, Pierson e Fisher	Nenhuma
	Reversão do tempo	Pierson, Walsh e Fisher	Nenhuma. Porém, os famosos índices de Laspeyres e Paasche não o atendem.
	Reversão de quantidades	Funke & Voeller	Alguma inconsistência com a Teoria Econômica
	Reversão de preços	Diewert	Alguma inconsistência com a Teoria Econômica
De valor médio	Valor médio para preços	Eichhorn & Voeller	Nenhuma
	Valor médio para quantidades	Diewert	Alguma inconsistência, pois exige a garantia do teste de reversão de fator.
	Limite de Paasche e Laspeyres	Bowley e Fisher	Alguma inconsistência, dependendo do enfoque econômico.
De monotonicidade	Em preços correntes	Eichhorn & Voeller	Nenhuma
	Em preços da base	Eichhorn & Voeller	Nenhuma
	Em quantidades correntes	Vogt	Alguma inconsistência, pois exige a garantia do teste de reversão de fator.
	Em quantidades da base	Vogt	Alguma inconsistência, pois exige a garantia do teste de reversão de fator.

Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de Diewert (2001).

O autor sistematizou esses 20 testes tendo como propósito organizar os testes atendidos pelo "Índice Ideal de Fisher". No entanto, há alguns outros testes que também receberam atenção dos estudiosos e que ainda merecem atenção. Esses tantos testes são sistematizados na Tabela 2.

Tabela 2. Sistematização de quatro testes axiomáticos de relevância.

Teste	Autores	Controvérsia
Reversão de fator	Fisher	Muita. Diversos autores não o aceitam.
Circularidade	Westergaard e Fisher	Muita. Só é atendido em uma situação especial inconsistente com a Teoria Econômica.
Determinação *("irrelevance of tiny commodities")*	Diewert	Alguma. Trata-se de um teste "opcional", dependendo do objetivo do índice.
Consistência na agregação	Theil	Alguma. Trata-se de um teste "opcional", dependendo do objetivo do índice.

Fonte: Elaborado pelo autor.

À luz de todas essas informações pode-se concluir que não há um índice que atenda a todos os testes. Ou, por outro lado, há testes cuja aprovação pode não ser necessária em algumas situações.

Cada teste poderá ter ou não relevância em contextos particulares dependendo dos objetivos designados aos índices.

A sistematização dos testes é uma importante contribuição para o entendimento e elaboração de qualquer índice de preço, de modo que não podem deixar de serem considerados.

2. Enfoque Estatístico

O enfoque estatístico dos índices de preço, também denominado de enfoque estocástico, tem nos trabalhos de Jevons o seu berço.

A idéia básica do enfoque estocástico (não ponderado!) é a de que cada preço relativo, p_n^1 / p_n^0, para $n = 1,...,N$, pode ser considerado como uma estimativa comum da taxa de inflação α entre os períodos 0 e 1.. Portanto, assume-se que:

$$p_n^1 / p_n^0 = \alpha + e_n \;\; ; \; i = 1,..., N \qquad (22)$$

na qual α é a taxa comum de inflação, e ε_i são os erros aleatórios de média 0 e variância σ^2. O estimador (de máxima verossimilhança ou de mínimos quadrados) de α resulta no equivalente ao Índice de Carli, que representa uma média geométrica dos relativos de preços.

Mas, na realidade, Jevons ao propor seu índice imaginou um modelo um pouco distinto, uma vez que imaginava que a inflação causava um aumento proporcional nos preços em geral:

$$\ln\left(p_n^1 / p_n^0\right) = \beta + \varepsilon_n \;;\; i = 1,\ldots, N \tag{23}$$

Seguindo as mesmas hipóteses de um modelo econométrico tradicional, o estimador de β seria o logaritmo da média geométrica dos relativos de preços. Conseqüentemente, o estimador da taxa comum de inflação α seria o Índice de Jevons.

Ambos índices – Carli e Jevons – são não-ponderados, sendo, conseqüentemente, bastante limitados quanto da sua utilização prática. Keynes era o maior crítico quanto a essa limitação, conforme já mencionado nos antecedentes.

Da iminente limitação surgiram as iniciativas para a ponderação dos índices sobre o enfoque estatístico, tendo em Walsh seu precursor. Törnqvist também apresentou significativas contribuições. Porém, deve-se a Theil as maiores contribuições teóricas nessa área.

Theil (1967) defendeu que uma fórmula de índice ponderado, e simétrico, poderia ser obtida pela afirmativa de que a probabilidade de que um produto seja consumido é igual à média aritmética das participações das despesas do produto nos períodos 0 e 1. Com isso, obteve a fórmula que originou o índice que fora proposto inicialmente por Törnqvist, e que, por esse motivo, recebeu a denominação de Índice de Törnqvist.

Diewert (2001) explica que a idéia de Theil ao desenvolver o enfoque estatístico apresentou uma série de vantagens no entendimento de algumas fórmulas que vinham sendo utilizadas. Os índices de Laspeyres e de Palgrave, por exemplo, sob algumas

condições, podem ser vistos como casos especiais, derivados do enfoque estatístico, como foi demonstrado por Theil e está ilustrado em Diewert (2001, pág.41).

O enfoque estatístico considera, no âmago da análise, a distribuição dos relativos de preços. Essa distribuição pode ser dos relativos diretamente (das quais Laspeyres e Palgrave são resultados específicos), como também dos seus logaritmos (o que gera Törnqvist) e, ainda, dos seus recíprocos (inversos), gerando os índices que acabaram ficando conhecidos como harmônicos, como o Índice Harmônico-Laspeyres.

Faz-se pertinente ressaltar que o enfoque estatístico é, muitas vezes, compreendido de modo equivocado, levando a aplicações indevidas de algumas fórmulas. Já se comentou que Keynes, tendo como preocupação análises meramente monetárias, criticava a correta aplicação do mesmo. O próprio Fisher (1927) foi enfático nesse sentido:

> *"In choosing the formula of an index number the 'skewness' or asymmetry of the distribution of the terms averaged is of absolutely no consequence (p.408).*

Frisch (1950), com seu trabalho clássico que provou a inconsistência do atendimento simultâneo aos testes de Fisher, também apresenta sua crítica ao enfoque. De modo interessante, Melo (1982) tratou com bastante propriedade a questão, comungando das idéias de Vartia (1976) quando diz que o enfoque apresentava apenas "interesse histórico".

Os fundamentos por trás das críticas ao enfoque estatístico são bastante simples de serem compreendidos. Uma vez que os índices são agregados de preços e quantidades, trata-se de uma função *n*-dimensional, de modo que acaba não fazendo sentido um enfoque que considera apenas algumas dimensões. O índice $P\left(p^0, p^1, q^0, q^1\right)$ apresenta quatro dimensões, uma para cada vetor, impedindo a segregação das mesmas para que as distribuições de probabilidade sejam consideradas.

Mesmo assim, a existência do enfoque estatístico não pode ser simplesmente desprezada. A construção de um índice, na maioria dos casos, contempla a agregação de sub-índices em níveis inferiores. Quando da consideração de estágios formados por

preços de um produto específico, o estudo da sua distribuição é válido, de forma que o enfoque acaba tendo o seu papel.

3. Enfoque Econômico

O enfoque econômico surgiu da necessidade de elaboração de índices de custo de vida das pessoas, tendo, como fundamento, a Teoria Econômica do Consumidor. A característica central dessa concepção, e que a difere dos demais, é o entendimento de que preços e quantidades guardam forte relação entre si. As palavras de Carmo (1987) sintetizam adequadamente o propósito do enfoque econômico:

> *"De fato, o que se busca com a aproximação econômica é a compatibilização de fórmulas de cálculo às especificações das funções agregadas em cada caso – função utilidade, função de produção, funções custo e dispêndio unitário etc." (p.36).*

Diversos nomes surgem com relevância na construção do enfoque. Keynes, como já retratado algumas vezes, foi um importante crítico dos enfoques axiomático e estatístico, o que acabou estimulando a busca por novos conhecimentos. Suas indagações partiam dos estudos da relação entre preço e volume de moeda.

Na Rússia, em 1924[15], A.A. Konüs publica seu trabalho "O Problema do Verdadeiro Índice do Custo de Vida", lançando as bases do enfoque econômico ao considerar a construção de um índice obedecendo à teorização do comportamento do ser humano como consumidor. A contribuição de Könus foi apresentada no item anterior.

O economista francês François Divisia (1925)[16] surge como uma das maiores contribuições teóricas para o estudo dos números-índice. Ao desenvolver a idéia dos "índices contínuos" como uma alternativa aos denominados "índices binários" ou "índices bissutuacionais" (que são os índices concebidos na forma como o foram até o momento), Divisia revolucionou a Teoria dos Índices de Preço. Tamanha foi sua

[15] Esse trabalho é representado pela citação Konüs (1939), referente versão publicada no Idioma Inglês naquele ano, devidamente citada nas referências bibliográficas.

[16] DIVISIA, F. L'Indice Monetaire et la Théorie de La Monnaie. **Revue d'Economie Politique.** Tome XXXIX, juillet/aôut p.842-861 e septembre/octobre, p.980-1008, 1925.

contribuição que renomados autores consideram suas idéias como um outro "enfoque", separadamente do econômico.

Ragnar Frisch, da Universidade de Oslo, Noruega, em 1936[17], lança uma importante contribuição à Teoria dos Números-Índice, desmistificando - com embasamento científico - uma série de paradoxos na época. Um exemplo é a prova da inconsistência do sistema de testes de Fisher, da maneira como foi originalmente concebido. Também era outro crítico do enfoque estatístico. Frisch delimitou a avaliação dos índices em duas formas: critério atomístico e critério funcional. No primeiro, preços e quantidades eram vistos como "duas coleções de variáveis independentes"; no segundo, "...presume-se a existência de certas relações características entre preços e quantidades". Essa forma de entender as variáveis que formam os índices foi determinante na evolução da Teoria.

A interdependência entre as variáveis ficou clara na explicação de Diewert (2001) sobre a teoria de Konüs: dado um vetor de preços de produtos (ou insumos), que o agente se defronta em um dado período de tempo, assume-se que o correspondente vetor de quantidade observado é a solução para o problema de minimização de custo, problema esse que envolve tanto as funções de utilidade (ou preferência) do consumidor, quanto a função de produção de um produtor.

[17] Esse trabalho é representado pela referência Frisch (1950), que foi uma tradução para a Revista Brasileira de Estatística, conforme citação completa no final da tese.

APÊNDICE 4 - Índices em Cadeia e "Índice Teórico de Divisia".

Devido à sua particular relevância, a contribuição de Divisia deve ser tratada separadamente.

A premissa do economista francês era a de que preços e quantidades – assim como todas as variáveis econômicas – evoluíam de forma contínua e, por esse motivo, deveriam assim ser tratadas na Teoria dos Números-Índice. Essa premissa pressupõe que as funções de preço e quantidade sejam diferenciáveis.

No próprio conceito de número-índice está claro o fato de que se trata de uma informação que será utilizada para obtenção de uma variação de um ponto (no tempo ou espaço) para outro. Trabalha-se, portanto, com informações relativas que exigem, naturalmente, uma base de comparação.

A Teoria dos Números-Índice surgiu em torno dos índices chamados "bissituacionais" ou "binários", caracterizados pela consideração entre dois pontos bem definidos, seja no tempo ou no espaço.

A evolução de Teoria culminou para a elaboração de índices em cadeia (que no limite tornam-se índices contínuos), baseados não somente em dois pontos fixos, mas sim em um intervalo contínuo de situações, ou seja, baseados em sucessivas comparações intermediárias finitas (ou infinitas) entre esses dois pontos.

Para Melo (1982):

> *"É nossa convicção que a análise contínua proporciona a compreensão mais profunda da prática dos índices, desde o sentido das fórmulas de cálculo até as questões relativas à montagem das séries históricas de preços e de índices" (p.24).*

O "sistema de cadeia de bases" ("*chain of bases system*"), como passou a ser designado um índice de natureza contínua, tem como precursor Alfred Marshall (1887).

Com a frase "*It is chiefly (...) that an absolutely perfect standard of purchasing power is not only unattainable but even unthinkable*", Marshall (1887, p.207) introduz sua discussão sobre como estimar uma unidade de poder de compra. A preocupação do

autor surgiu da sua observação de que seria necessário considerar o problema da criação de novos produtos:

> *"The difficulty is insuperable, if we compare two distant periods without access to the detailed statistics of intermediate times, but it can be got over fairly well by systematic statistics" (p.209).*

Mas não apenas os novos produtos preocupavam Marshall. Mais do que isso, a sazonalidade – ou a disparidade entre época de produção e consumo - na oferta de alguns produtos, teria influência diferenciada no poder de compra das pessoas. O autor utilizou o morango como exemplo. Supôs que, até determinada época, o morango era produzido apenas em junho, e tinha um preço médio igual a "6". Com a evolução do conhecimento, passou a ser produzido em maio, junho e julho, com preços diferenciados da situação anterior, e resultando em um preço médio igual a "5". Apesar da pequena variação na média, o poder de compra pode mais que dobrar em determinadas épocas do ano, o que não seria refletido pela variação em um índice calculado sobre a variação de um período longo. Trata-se de um exemplo bastante simples e ilustrativo.

Especificamente devido ao desenvolvimento da agricultura e dos transportes, Marshall (1887) confere uma importância ainda maior a aquele fator:

> *"This class of consideration is of much more importance than at first sight appears; for a great part of modern agricultural and transport industries are devoted to increasing the periods of time during which different kinds of food are available" (p.209, 210).*

Discussões interessantes na literatura brasileira sobre o tipo de base a ser utilizada na composição de um índice são apresentadas por Kirsten (1980), Melo (1982) e Gualda (1988). Para eles, o assunto foi adequadamente retratado pelo debate clássico entre Fisher (1927) e Divisia (1925).

Divisia (1925) teria manifestado sua preferência pelos índices de base encadeada, uma vez que o valor integral dentro de um período de tempo não depende apenas do valor das variáveis no período inicial e final, mas também de todos os valores intermediários. Esse autor é, inclusive, considerado como a principal referência no assunto, com a criação do conhecido "Índice Teórico de Divisia".

Como a própria denominação sugere, o Índice de Divisia, apesar de ser teoricamente mais próximo da realidade, não é possível de ser calculado com precisão, a não ser em alguns intervalos definidos. A explicação para isso é bastante simples e reside no fato de que não há a disponibilidade de informações sobre as variáveis econômicas de modo contínuo ao longo do tempo. Por esse motivo é um índice "teórico".

Com o desenvolvimento da Teoria dos Números-Índice, muitos autores procuraram a resposta para a pergunta "qual fórmula usar?", utilizando-se do dilema "base fixa" versus "bases encadeadas".

Segundo Melo (1982), esse enfoque pode ser equivocado, uma vez que o mais importante é que qualquer que seja a fórmula de cálculo do índice, quando encadeado de acordo com a metodologia de Divisia, resulta em uma aproximação ao seu índice teórico. Resultante disso, concluiu-se que qualquer índice pode ser uma aproximação a Divisia. Mais ainda, não há sentido, portanto, atribuir a propriedade de aproximação a Divisia a qualquer fórmula particular de cálculo. Em síntese, Melo escreveu:

> *"…sob o enfoque contínuo (…) não há superioridade de qualquer delas (as fórmulas de cálculo), porquanto as hipóteses envolvidas são igualmente arbitrárias" (p.24).*

Melo (1982) demonstrou, também, que os índices de Laspeyres, Paasche, Geométrico e Törnqvist identificam-se exatamente ao índice de Divisia quando algumas hipóteses sobre a trajetória de preços e quantidades são adotadas.

Mas muito tempo antes das comprovações de que os índices bissituacionais, como de Laspeyres e Paasche, por exemplo, eram aproximações do índice de Divisia, Fisher já defendia a utilização dos primeiros. Para ele, o ideal seria a utilização da base fixa, uma vez que os índices de base encadeada atendiam – por definição – à prova da circularidade, proposta inicialmente pelo autor e posteriormente abandonada pelo mesmo, por julgar que o atendimento a esse teste seria, exatamente, uma prova de que a própria formulação seria errônea. O teste da circularidade só é atendido perfeitamente quando se tem um índice geométrico com as ponderações dos preços constantes e

independentes desses (Índice de Jevons), o que é inimaginável do ponto de vista da Teoria Econômica.

Gualda (1988) ainda apresenta algumas vantagens e desvantagens apontadas por distintos autores para as diferentes metodologias quanto à base. Segundo ele, para períodos longos entre base e referência, os índices de base fixa proporcionariam resultados menos confiáveis. Esses não permitiriam também adições, eliminações e substituições de novos bens e serviços, fenômeno bastante comum, ainda mais recentemente, com a rápida evolução tecnológica. As bases fixas também são menos úteis para situações nas quais as ponderações variam com freqüência.

O principal argumento em favor da base fixa proposto por Fisher (1927) consistia no fato de que o indivíduo sempre olharia para uma série de índices baseando-se em um período fixo, e nunca no período imediatamente anterior.

Melo (1982) afirma que a utilização das bases encadeadas seria preferível à base fixa, uma vez que os padrões de consumo mudam constantemente, em especial para a construção de índices de preço ao consumidor. Gualda (1988) parece concordar com Melo, mas ressalta que nem sempre a utilização das bases encadeadas é possível pela dificuldade da obtenção das informações de quantidades consumidas, que são os fatores de ponderação.

Esse é o ponto central que dificulta a utilização da concepção contínua em detrimento da base fixa: a necessidade de informações completas para o cálculo em cada sub-estágio, o que geralmente não se dispõe na prática.

O mais importante desta discussão é considerar que os chamados "índices práticos" como os bissutuacionais Laspeyres, Paasche, Geométrico etc., são aproximações adequadas dos índices contínuos, sendo esse um dos motivos que respalda a sua larga utilização na elaboração dos índices. Por serem apenas "aproximações", esses índices continuam não atendendo ao teste da circularidade, ainda que alguns apresentem resultados bastante satisfatórios, aproximando-se ao seu atendimento.

Dessas considerações pode-se obter três informações relevantes: (i) os índices em cadeia apresentam maior respaldo na Teoria Econômica, por considerarem as variáveis de modo contínuo; (ii) apesar da relevância da concepção do "Índice Teórico de

Divisia", a mesma não é capaz de apontar qual a melhor "fórmula de cálculo", uma vez que todas podem ser aproximações à Divisia: e, finalmente, (iii) o objetivo dos índices é que, de fato, será decisivo no processo de escolha entre a base fixa ou encadeada. Em síntese, esse objetivo que responderá à questão: "qual a base de comparação desejada?".

Para a apresentação dos índices de cadeia e Teórico de Divisia, utiliza-se a definição de Melo (1982).

Parte-se de um índice de base fixa ao longo do período (*b*,*t*), caracterizado pelo sistema de informações e pela função *I*:

$$I : R^{4n} \rightarrow R, \left(p^t, p^b, q^t, q^b\right) \rightarrow I\left(p^t, p^b, q^t, q^b\right) \tag{1}$$

O resultado do processo de agregação é $I\left(p^t, p^b, q^t, q^b\right)$, ou, apenas I^{bt}.

Supõe-se ainda que o intervalo (*bt*) seja secionado em *K* sub-intervalos. Necessita-se, ao invés de um único sistema de informações $\left(p^t, p^b, q^t, q^b\right)$, um conjunto de subsistemas de mesma natureza $\left(p^{b+1}, p^b, q^{b+1}, q^b\right), \ldots, \left(p^t, p^{t-i}, q^t, q^{t-1}\right)$. Pode-se aplicar, em cada um desses subsistemas o mesmo processo acima, obtendo-se índices binários $I^{t-1,t}$.

Define-se índice em cadeia da seguinte forma:

$$\bar{I}^{bt} = \prod_{k=b+1}^{t} I^{k-1,k}, \text{ quando } t > b; \tag{2}$$

$$\bar{I}^{bt} = 1, \text{ quando } t = b; \text{ e} \tag{3}$$

$$\bar{I}^{bt} = 1 \Big/ \prod_{k=b+1}^{t} I^{k-1,k}, \text{ quando } t < b. \tag{4}$$

A partir de uma sucessão de índices binários (quaisquer que sejam suas especificações), obtém-se um índice em cadeia pela acumulação geométrica dos resultados individuais obtidos em cada sub-intervalo de (bt).

Portanto, há uma subdivisão do período (b,t) em vários sub-períodos $(b, b+1)$, $(b+1, b+2)$ etc. O número de intervalos entre b e t pode ser infinito, o que, no limite, geraria um índice contínuo.

Se as variáveis preço e quantidade forem consideradas como funções contínuas do tempo, no intervalo $(t-k/2;t+k/2)$, de amplitude k, têm-se:

$$v_k^i(t) = \frac{1}{k}\int_{t-\frac{k}{2}}^{t+\frac{k}{2}} v^i(t)dt \tag{5}$$

e

$$q_k^i(t) = \frac{1}{k}\int_{t-\frac{k}{2}}^{t+\frac{k}{2}} q^i(t)dt \tag{6}$$

A partir das expressões 5 e 6, pode-se definir o índice de preço para o período de tempo k:

$$p_k^i(t) = \frac{v_k^i(t)}{q_k^i(t)} \tag{7}$$

As especificações das funções podem variar e serão as responsáveis pela definição da trajetória de preços e quantidades. Essas funções podem assumir qualquer trajetória, desde que atenda ao encadeamento. Se a trajetória assumida for a de que os preços e quantidades mantêm-se constantes e iguais aos da base, então o índice de Laspeyres pode ser uma aproximação do "Índice de Divisia", e assim sucessivamente. De fato, qualquer índice pode ser uma aproximação a Divisia.

Melo (1982), conclui esse ponto com a interessante afirmação:

“Em conseqüência, sob o prisma dos índices contínuos ou em cadeia, cuja trajetória é de relevância prática, não há o secular problema ‘a escolha da fórmula’ e sim ‘a escolha da trajetória’. O que se mostra meridiano se ficarmos atentos para o fato de que os índices contínuos têm uma única expressão (...), variando apenas a estrutura parametrizada de pesos (...) ao arbitrarmos particulares trajetórias de preços e quantidade”. (p.35).

APÊNDICE 5 - Regiões produtoras de soja no Brasil.

Fonte: IBGE (2002)