

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Tomada de decisão conjunta entre modo e  
destino para carga de grãos no sul da  
província de Buenos Aires**

Rodrigo Javier Tapia

Porto Alegre

2015

Rodrigo Javier Tapia

**Tomada de decisão conjunta entre modo e destino para carga de grãos no sul da  
província de Buenos Aires**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientador: Luiz Afonso dos Santos Senna, PhD.

Porto Alegre

2015

Rodrigo Javier Tapia

**Tomada de decisão conjunta entre modo e destino para carga de grãos no sul da  
província de Buenos Aires**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna, PhD.  
Orientador PPGEP/UFRGS

---

Prof. José Luiz Duarte Ribeiro, Dr.  
Coordenador PPGEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professora Ana Margarita Larrañaga, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professora Christine Tessele Nodari, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professor Rafael Mozart, Dr. (UAGRAD/UNISINOS)

Dedicatória

A mis abuelos y abuelas. Fuente de orgullo e inspiración

## AGRADECIMENTOS

A meu orientador o Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna. Não só pelos conhecimentos compartilhados, mas também pelo acompanhamento e ajuda durante os dois anos de pesquisa.

Aos professores e pesquisadores Christine TesseleNodari, LuisAntonioLindau, Helena Cybis e Ana Larrañaga, pelos conhecimentos transmitidos

Aos colegas do Lastran, Tiane Conte, Emanuelle Schneider, Ricardo Faria Corrêa, Guilherme Bergmann Borges Vieira, pelas discussões e sugestões.

A meus amigos Cristina, Diego, Luís Wanderley, Patrícia, Leonardo e Vanessa pela amizade e apoio.

A todas as pessoas que conheci durante minha estadia no Brasil que enriqueceram e foram partedo processo.

E principalmente a minha família, que me acompanhou sempre nesta viagem. Particularmente meu Pai que foi companheiro e suporte durante todo o trabalho de campo e a conceptualização do trabalho.

## RESUMO

O transporte de grãos é de importância para a economia da Argentina. Atualmente, 84% dos grãos produzidos pelo país são transportados em rodovias, afetando sua competitividade devido a sua grande influência nos custos. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo estudar a tomada de decisão de modo e destino dos consolidadores de grãos do Sul da Província de Buenos Aires. A partir de uma pesquisa de preferência declarada, conclui-se que a escolha de modo e destino é feita em conjunto. As variáveis relevantes para a escolha foram o preço *FreeAlongsideShip* no porto, o custo, a distância e a frequência do serviço. Os resultados estão em consonância com o encontrado na literatura, onde se destaca a modelagem conjunta e comportamental de diferentes etapas dos modelos de transporte e a inclusão de variáveis logísticas. Além disso, foram estimadas as elasticidades de cada alternativa e estudadas as curvas de iso-utilidade. Finalmente, foi realizada uma simulação de políticas de preço para a ferrovia, estudando a sua fatia de mercado, sua potencial arrecadação e o gasto total em transporte.

**Palavras-chave:** Modelagem de carga; Modelagem comportamental; Modelagem conjunta; Transporte de grãos.

## ABSTRACT

Agricultural trade is of great importance for Argentina. Nowadays, most of the crops transported by truck, affecting its competitiveness because of its influence in direct costs. This study aims to analyze the choice process of the grain consolidators from the south of Buenos Aires province. From a stated preference survey, we conclude that the choice of mode and destination is made simultaneously. The relevant variables for the selection were the Free Alongside Ship price at the port, freight cost, distance and frequency. The results were consistent with those found in the literature, where behavioural joint modeling of different steps of transport models and the inclusion of logistics variables stand out. Moreover, price elasticities were estimated and iso-utility curves were studied. Finally, train price policies simulations were made observing market shares, expected incomes and total expenditures in transportation.

**Key words:** Freight Modelling; Behavioural Models; Joint Modelling; Grain transport.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Produção de trigo, soja, girassol, milho e soja vs. Superfície semeada. ....	5
Figura 2 .Etapas do sistema comercial .....	6
Figura 3. Mapa de rodovias e ferrovias. ....	10
Figura 4. Produção de grãos e principais portos.....	12
Figura 5. Mapa de vias e Ferrovias em operação no Sul da Província de Buenos Aires	13
Figura 6. Exemplo de alternativas aninhadas .....	27
Figura 7. Exemplo de ficha utilizada na pesquisa .....	38
Figura 8. Localização da amostra.....	39
Figura 9. Modelos de NL testados.....	45
Figura 10. Composição da função Utilidade .....	50
Figura 11. Composição da desutilidade.....	50
Figura 12. Elasticidades na zona de estudo .....	52
Figura 13. Distâncias de iso-utilidade caminhão-trem .....	54
Figura 14. Probabilidade de escolha de cada alternativa para a localidade de Azul .....	57
Figura 15. Probabilidade de escolha de cada alternativa para a localidade de Coronel Suárez .....	58
Figura 16. Probabilidade de escolha de cada alternativa para a localidade de Laprida .	59
Figura 17. Probabilidade de escolha por modo em função da relação de preços.....	59
Figura 18. Probabilidade de escolha ponderada da ferrovia.....	61
Figura 19. Arrecadação potencial da ferrovia .....	62
Figura 20. Gasto Total em transporte .....	63



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis presentes na literatura.....	34
Tabela 2. Lista de variáveis utilizadas no presente estudo .....	32
Tabela 3. Codificação dos níveis das variáveis .....	35
Tabela 4. Definição dos valores dos atributos .....	36
Tabela 5. Caracterização da amostra .....	40
Tabela 6. Modelos MNL .....	44
Tabela 7. Modelos NL .....	46
Tabela 8. Elasticidades preço das alternativas.....	51
Tabela 9. Distâncias de Iso-utilidade da rodovia e ferrovia .....	53
Tabela 10. <i>Hinterlands</i> competitivos dos portos .....	55
Tabela 11. <i>Hinterlands</i> competitivos quando só BHB tem ferrovia .....	55

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
1. Introdução.....	1
1.1 Objetivo e delimitações do estudo.....	2
1.2 Estrutura do trabalho .....	3
2 Descrição da situação atual .....	4
2.1 Sistema produtivo .....	4
2.2 Sistema de Transporte .....	8
2.2.1 Subsistema Modal .....	8
2.2.2 Subsistema Portuário .....	10
2.3 Zona de Estudo .....	12
2.4 Síntese.....	14
3 Método .....	15
3.1 Trabalho de Campo .....	15
3.2 Modelagem e Análise .....	16
3.3 Síntese.....	17
4 Marco Teórico .....	18
4.1 Modelagem Conjunta .....	18
4.2 Modelagem de Carga.....	21
4.3 Modelos Comportamentais.....	24
4.3.1 Teoria da Utilidade Aleatória .....	25
4.3.2 Modelos de escolha discreta.....	25
4.3.3 Técnicas de Obtenção de Dados.....	27
4.3.4 Elasticidade.....	29

4.4	Síntese.....	30
5	Execução DO TRABALHO DE CAMPO .....	32
5.1	Seleção de Variáveis.....	32
5.1.1	Revisão Bibliográfica .....	33
5.1.2	Entrevistas individuais.....	31
5.1.3	Variáveis Incluídas no Estudo .....	32
5.2	Projeto de Experimentos.....	34
5.3	Coleta de dados.....	38
5.4	Síntese.....	41
6	Modelagem e Análise.....	42
6.1	Estimação do Modelo .....	42
6.1.1	Modelo <i>Multinomial Logit</i> (MNL) .....	44
6.1.2	Modelo <i>Nested Logit</i> (NL) .....	45
6.1.3	Modelo Escolhido.....	46
6.2	Análise do Modelo .....	47
6.2.1	Parâmetros .....	48
6.2.2	Elasticidades .....	51
6.2.3	Distâncias Competitivas .....	52
6.2.4	Curvas de Demanda.....	56
6.2.5	Simulações.....	60
6.3	Síntese.....	64
7	Conclusão e Recomendações para Trabalhos Futuros .....	66
	Bibliografia.....	69
	Anexo I: Dados coletados dos questionários .....	78
	Anexo II: Sintaxe do biogeme .....	79

## 1. Introdução

O transporte de mercadorias é um setor que nos últimos tempos está tendo um maior foco devido a sua importância na economia e seu efeito potencial de impacto ambiental. Além disso, existe uma tendência ao aumento do volume total transportado. Esta tendência de crescimento tem sido mais acentuada no transporte por caminhão aumentando participação no mercado (CAPKA, 2006; WANG *et al.*, 2013). Esse aumento da demanda pelo transporte pode causar aumento dos congestionamentos, limitando os fluxos logísticos e afetando a competitividade da economia (CAPKA, 2006).

Um dos problemas decorrentes do aumento do transporte de mercadorias é o aumento das emissões, o que está começando a atrair interesse no estudo destas relações (DE JONG *et al.*, 2013). O transporte de carga é responsável por 14% do total das emissões de CO<sub>2</sub>, (PIECYK e MCKINNON, 2010) e é o setor de maior crescimento no consumo de óleo (TIAN *et al.*, 2014). Isso motiva a realização de estudos destinados à investigação de troca modal e a compreensão da tomada de decisão sobre a escolha modal.

O aumento do transporte de carga e suas consequências também gera a necessidade de regulação, de pesquisas em logística avançada e de modelagem do setor

(WINDISCH *et al.*, 2010). Porém, a modelagem de carga é relativamente nova se comparada à modelagem de passageiros (TAVASSZY, 2006). Brooks e Trifts (2008) atribuem isso à falta de financiamento, à falta de disponibilidade de dados e ao custo de gerá-los.

Particularmente na Argentina, a partir da metade do século XX a ferrovia começou a perder mercado para o caminhão em função da melhoria da malha rodoviária (CADENA AGROINDUSTRIAL ARGENTINA, 2005). Atualmente dia vê-se que a maioria do mercado é absorvido pela rodovia. Aproximadamente 84% do transporte de grãos é feito pelo modo rodoviário (REGUNAGA, 2010). Por sua vez, as distâncias entre as zonas produtivas e os centros de demanda (fábricas e portos) são relativamente baixas (aproximadamente pelos 300 km). Em curtas distâncias a flexibilidade do caminhão lhe confere competitividade frente ao trem.

Apesar da preocupação com a tendência de perda de mercado da ferrovia na Argentina, não foram encontrados trabalhos abordando especificamente esse tema. A maior parte dos estudos estabelece uma quota do trem ou assume que a ferrovia ganharia carga só pelo baixo custo, sem tomar em consideração outras variáveis do tipo logístico (por exemplo, Garcia e Canitrot (2013)).

## 1.1 OBJETIVO E DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

O objetivo do presente trabalho foi estudar e analisar a decisão de modo e destino para o transporte de grãos. A hipótese estabelecida é que os consolidadores de carga tomam esta decisão de forma simultânea.

Para chegar ao objetivo principal são definidos os seguintes objetivos específicos:

- i. identificar os parâmetros influentes na tomada de decisão sobre as escolhas de modo e destino;
- ii. elaborar um modelo preditivo para o volume de carga transportado aos portos e;
- iii. elaborar um modelo preditivo para os volumes por modo de transporte.

O estudo de caso foi realizado no sul da Província de Buenos Aires (Argentina) na zona compreendida entre os portos de Quequén e Bahía Blanca. Por questões de custo, tempo e possibilidade de acesso, a quantidade de entrevistados foi reduzida, não permitindo fazer nenhum tipo de segmentação. A aplicação do modelo é limitada ao sul da província de Buenos Aires, dado que para o restante do país encontra-se uma maior quantidade de portos e de alternativas, o que pode limitar a extrapolação dos resultados da pesquisa.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é continuado da seguinte maneira: o capítulo 2 relata as generalidades sobre o mercado de carga argentino e descreve a zona de estudo; o capítulo 3 expõe os procedimentos utilizados para atingir os objetivos; o capítulo 4 apresenta uma revisão teórica sobre os modelos comportamentais, a modelagem conjunta e a modelagem de carga; o capítulo 5 detalha o planejamento do trabalho de campo e os primeiros resultados; no capítulo 6 são apresentados os modelos, é feita uma análise dos mesmos e são apresentadas simulações a partir dos resultados obtidos e; o capítulo 7 são expostas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## **2 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL**

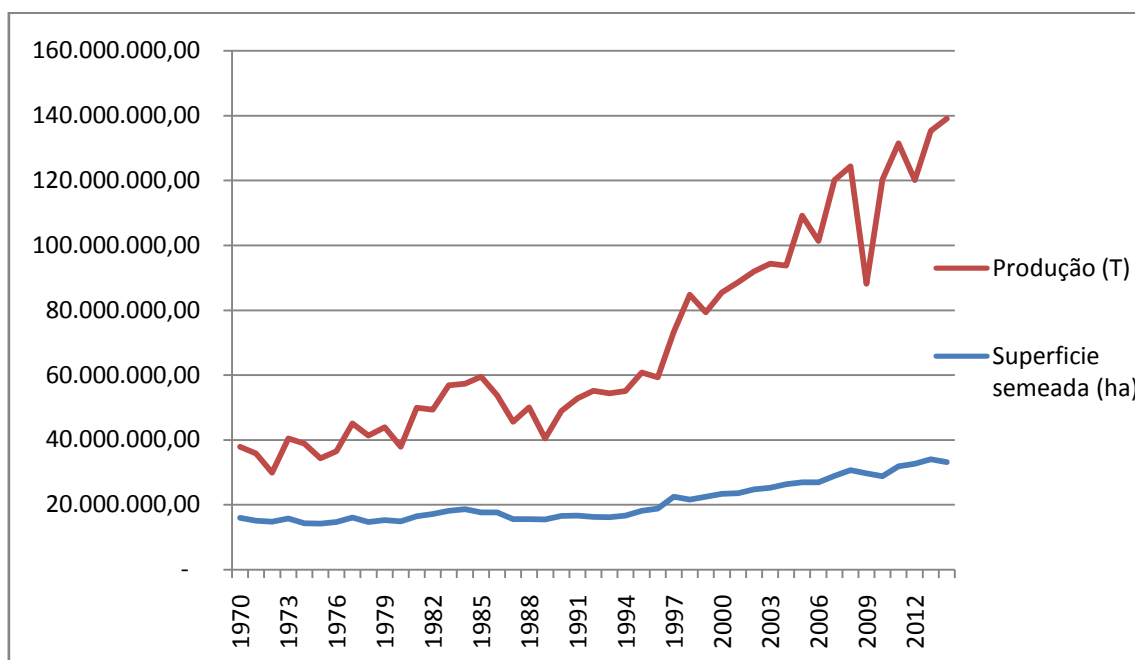
O setor agrário da Argentina é um setor dinâmico e fundamental para a economia do país, não só pela produção, mas também pelos serviços e pelas indústrias gerados para satisfazer suas demandas. O agronegócio argentino sofreu muitas mudanças na última década do século XX. Nesses anos o setor passou por uma modernização, aumentando os volumes transportados e sendo aprimoradas as estratégias de vendas.

Na presente seção é feita uma análise do sistema agrícola argentino, apresentando-se o modelo de exploração junto com os volumes comercializados de cada departamento do país. Também é descrito o sistema de transporte da nação e o sistema de exportação, formado pelos portos. Finalmente é descrita a zona a ser estudada na presente pesquisa.

### **2.1 SISTEMA PRODUTIVO**

A agricultura argentina passou por uma transformação importante nos últimos 30 anos, com uma aceleração a partir de 1991. Esse período foi marcado pela orientação da economia à exportação, a introdução de tecnologia (presença de organismos geneticamente modificados nas sementes e introdução de maquinaria agrícola), maior intensidade no uso de fertilizantes e novas técnicas de lavoura (REGUNAGA, 2010). Esse conjunto de melhorias trouxe um aumento da produção de grãos em todo o país,

como mostra a Figura 1. No final dos anos 90, a Argentina perfilava-se como um grande *player* mundial no mercado da soja (SCHNEPF *et al.*, 2001)



**Figura 1.** Produção de trigo, soja, girassol, milho e soja vs. Superfície semeada.  
Fonte: Elaboração própria com base em ARGENTINA (2014)

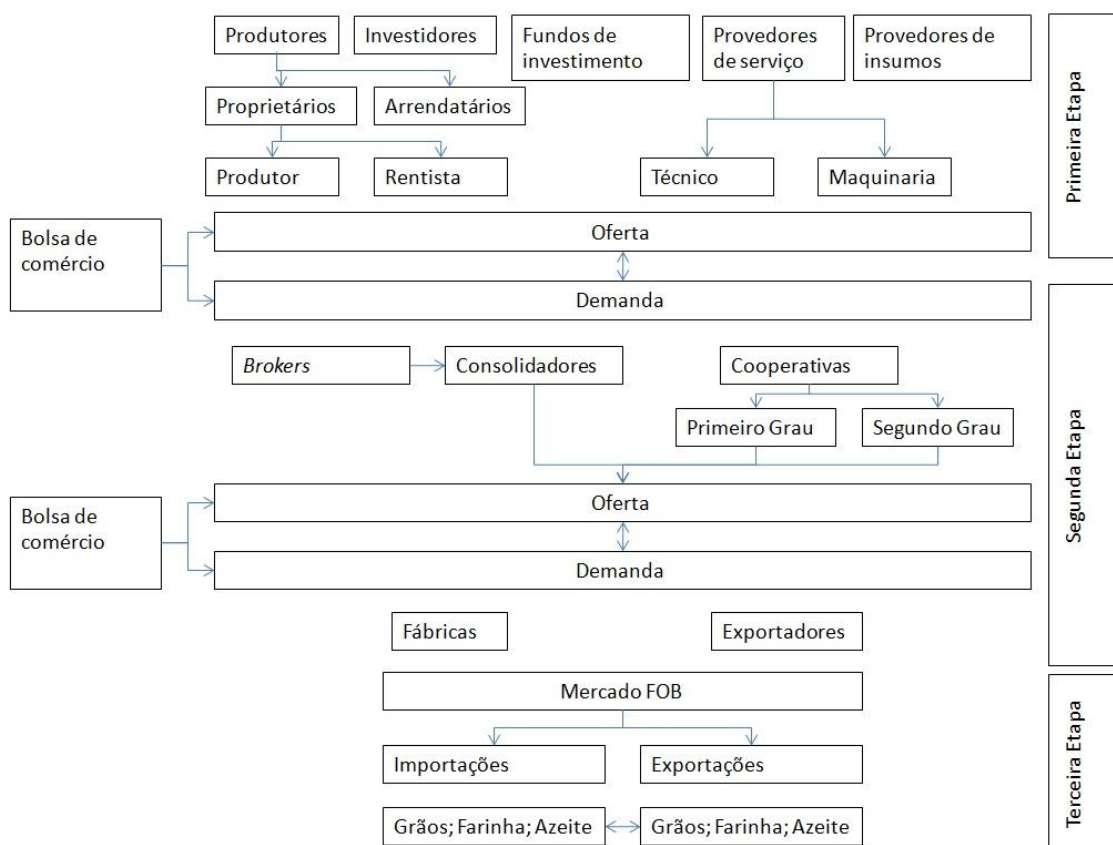
A partir dos anos 90 o modelo do agronegócio mudou, especialmente para a soja, passando de um modelo vertical para um modelo em rede (REGUNAGA, 2010; COHANECOSTA, 2011). No modelo vertical a produção era feita principalmente pelo dono da terra, com os agentes econômicos atuando isoladamente e com o produtor obrigado a vender na hora da safra. Isso evoluiu a um novo modelo com as seguintes características (REGUNAGA, 2010):

- i) a maior parte da terra é alugada e por prazos de um ano;
- ii) grande diversificação dos *portfólios*;
- iii) compartilhamento dos custos e riscos ao longo da cadeia produtiva;
- iv) conhecimento especializado dos atores envolvidos;
- v) uso intensivo de melhorias genéticas e;
- vi) contratos com o restante da cadeia logística.

A produção realiza-se de forma pulverizada por uma grande quantidade de produtores espalhados, embora a tendência seja de concentração (REGUNAGA, 2010).



Outro elemento a ser levado em consideração é que a demanda depende dos ciclos biológicos, havendo sazonalidade nos preços e na demanda de transporte. A Figura 2 ilustra as etapas do sistema comercial e atores envolvidos.



**Figura 2.** Etapas do sistema comercial  
Fonte: Adaptado de COHAN E COSTA, 2011

Na comercialização se observam 3 etapas:

- i) A primeira etapa, onde os diferentes produtores comercializam os produtos com os consolidadores (sejam eles cooperativas ou empresas) ou com um *broker* para exportar diretamente sendo negociados os preços nas bolsas de comércio;
- ii) Uma etapa secundária, onde os consolidadores colocam o grão à venda às fábricas e aos exportadores, ocorrendo outra intermediação das bolsas de cereais e;
- iii) Uma última etapa que corresponde aos mercados internacionais.

Considera-se o mercado agrícola argentino como um mercado intuitivamente desenvolvido com relação aos mecanismos de divulgação de preço (COHAN E COSTA, 2011). Os preços são publicados diariamente após reuniões entre os compradores e vendedores, onde é estabelecida uma média do preço comercializado na jornada anterior. Este preço é chamado “*precio pizarra*” e teoricamente reflete o preço *Free Alongside Ship (FAS)*.

Na segunda etapa é onde se faz uma avaliação da qualidade da mercadoria e, se for necessário, acondicionam-se os grãos para atingir os padrões de qualidade. É nesse ponto também que se armazenam os grãos e se alcançam as economias de escala permitindo esperar melhores preços para a venda. Historicamente, os consolidadores foram os principais contatos dos produtores e tiveram uma importante influência no desenvolvimento do interior da Argentina. Atualmente, pode-se dividir os consolidadores em dois grandes grupos, segundo a sua organização.

O primeiro grande grupo refere-se aos consolidadores que são Sociedades Anônimas. Eles podem se dedicar unicamente à consolidação ou também a produção. O outro grupo é o das cooperativas. Muitos produtores formam parte de cooperativas, que lhes brindam insumos, assessoramento técnico e possibilidades comerciais. Por sua vez, as cooperativas estão organizadas em uma cooperativa de segunda ordem, chamada de *Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA)*. A ACA possui instalações de consolidação adicionais e tem acesso a mais canais de distribuição, com capacidade exportadora própria e com terminais nos principais portos do país.

Os consolidadores possuem 54% da capacidade fixa de armazenagem (REGUNAGA, 2010). Porém, o desenvolvimento dos *silos bolsas*, sacolas de plástico para armazenagem *in situ* dos grãos, tem tirado parte da sua importância na cadeia de comercialização. Embora grande parte da safra tenha que passar pelo consolidador para acondicionamento, a possibilidade dos produtores de armazenar temporariamente os grãos no local lhes dá maior poder de barganha porque conseguem escolher melhor o momento da venda, além de lhes permitir exportar por meio dos *brokers*. Os *silos bolsas* permitem aumentar a capacidade de armazenagem durante a safra, melhorando a eficiência da coleta (BUSATO *et al.*, 2011 *apud* BARTOSIK *et al.*, 2013) . Em 2011,

80% da safra de grão da Argentina foi armazenada nos consolidadores (COHAN E COSTA, 2011).

Cabe destacar a possibilidade de pular algumas das etapas ilustradas na Figura 2. Isso é o caso dos produtores que trabalham com *brokers* e também das cooperativas têm capacidade de exportação a partir da ACA.

## 2.2 SISTEMA DE TRANSPORTE

O sistema de transporte considerado neste estudo está composto por dois subsistemas, descritos a seguir. O primeiro é o subsistema modal, onde interagem fundamentalmente a ferrovia e a rodovia, e o segundo é o portuário, onde estão os portos exportadores.

### 2.2.1 Subsistema Modal

A maior parte dos grãos produzidos na Argentina é transportada por modo rodoviário. Aproximadamente 84% da carga é transportada por esse modo, 14% por ferrovia e o restante por hidrovia (REGUNAGA, 2010; COHAN E COSTA, 2011; GARCIA E CANITROT, 2013; BANCO MUNDIAL, 2009; BARBERO, 2010).

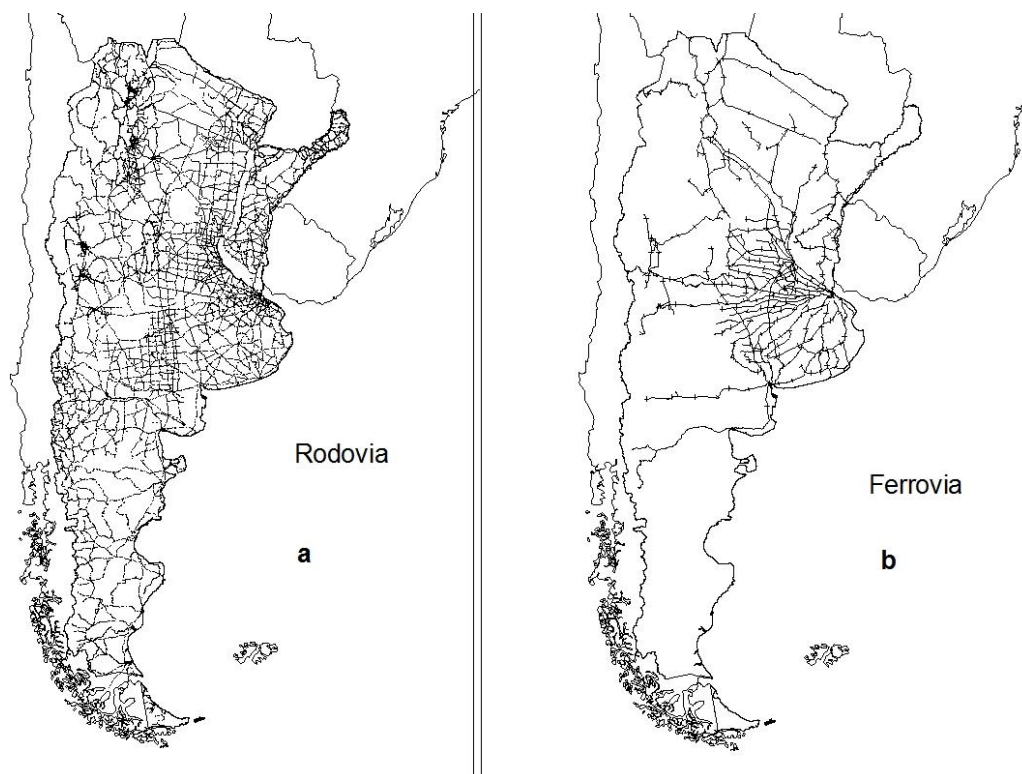
A parcela de mercado absorvida pela rodovia faz com que os custos de transporte sejam entre 30% e 70% dos custos diretos para a soja, o trigo e o girassol e entre 70% e 115% para o milho, dependendo da zona onde é produzido (COHAN E COSTA, 2011). Portanto, o custo de transporte é um fator importante na competitividade do setor e para a escolha do grão a ser produzido.

Alguns autores atribuem essa alocação de modo ao fato de que a maior parte da área produtiva está dentro de um radio de 300 km de um porto exportador (REGUNAGA, 2010; BARBERO, 2010; SCHNEPF *et al.*, 2001). Em menores distâncias, o caminhão torna-se mais competitivo do que a ferrovia. Isso pode ser interpretado como uma desvantagem produtiva em comparação com os EUA e Canadá onde, apesar de haver maiores distâncias, há um menor custo médio de transporte em

função de uma maior fatia de mercado da ferrovia (REGUNAGA, 2010; SCHNEPF *et al.*, 2001).

O sistema ferroviário argentino é composto por uma rede orientada, principalmente, para os portos exportadores de Buenos Aires, Rosario e, em menor medida, Bahia Blanca, já que seu desenvolvimento esteve estreitamente ligado à expansão da fronteira agrícola. O crescimento não foi centralmente planejado e por consequência coexistem três tipos de bitola no sistema, prejudicando a interoperabilidade da rede (GARCIA E CANITROT, 2013). A máxima expansão da rede foi alcançada nos anos 50 com aproximadamente 44.000 km.

A quantidade de t/km, a participação da ferrovia no transporte de carga e a quantidade de km operados foram caindo até atingir um patamar mínimo no começo dos anos 90, quando o setor foi privatizado. Após a privatização, recuperou-se carga, mas não a participação no mercado (GARCIA E CANITROT, 2013). Atualmente conta-se com uma rede concessionada de 25.500 km dos quais 18.300 km são operados (CNRT, 2014). Uma das características da rede atual é a especialização dos operadores em algum tipo de carga. Na maioria dos casos, a rede é utilizada para transportar principalmente os produtos da empresa ganhadora da concessão. Essa integração vertical pode ter afetado a competitividade do sistema ao não procurar cargas adicionais. A Figura 3 ilustra a rede de rodovias (a) e de ferrovia concessionada (b).



**Figura 3.** Mapa de rodovias e ferrovias.

Fonte: Elaboração própria com base em: ARGENTINA, 2013 a; ARGENTINA, 2013 b; ARGENTINA, 2013 C.

O sistema rodoviário tem uma maior abrangência territorial e maior flexibilidade no serviço. As empresas prestadoras de serviço estão agremiadas em diferentes associações, como por exemplo, a *Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas* (CATAC) e a *Asociación de Transportistas de Cereales y Afines por sus Derechos* (ATCAdE). Essas associações são responsáveis, junto com representantes dos entregadores de carga, por fixar os valores das tarifas a serem praticadas ao longo do país.

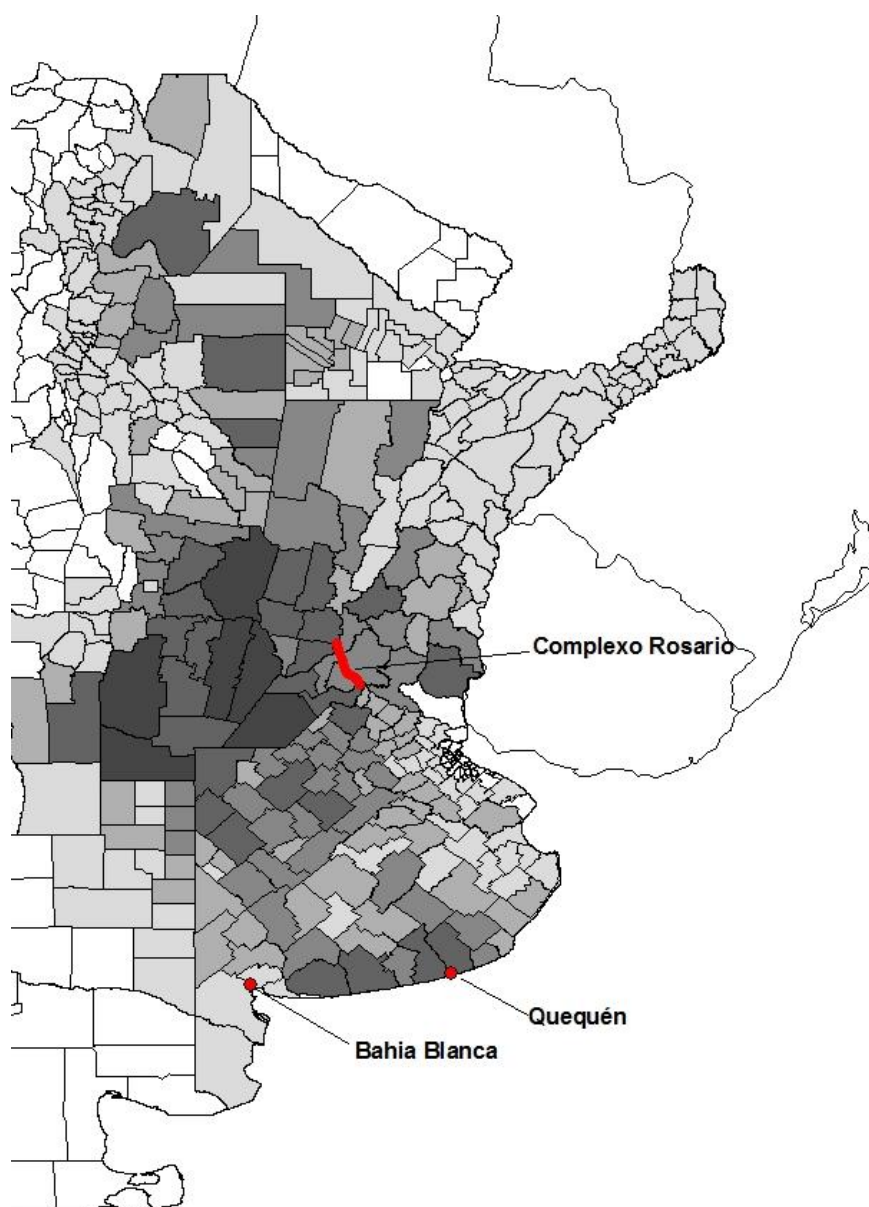
### 2.2.2 Subsistema Portuário

O sistema portuário de exportação é por onde se movimenta aproximadamente 90% do volume de grãos que sai do país (SANCHEZ *et al.*, 2008). Pode-se dividir em duas grandes áreas em função da sua zona de influência (*hinterland*) e características físicas: os portos localizados sobre o rio Paraná e sobre o atlântico do sul, na província de Buenos Aires (GARDEL, 2000).

Os portos localizados no rio Paraná são um conjunto de mais de 10 portos de ultramar desde a cidade de Buenos Aires até a cidade de Santa Fé. O porto de Santa Fé, o último deste sistema, tem uma profundidade de 25 pés. O complexo de Rosario (Rosario, San Lorenzo e San Martín) é o de maior volume do país e tem uma profundidade de 34 pés. Existe uma grande concorrência pela captação de carga, refletida nos baixos custos de armazenagem e movimentação (GARDEL, 2000).

Os portos do atlântico sul estão localizados no sul da província de Buenos Aires são os portos de Bahía Blanca (BHB) e de Quequén (QQN). A distância entre eles é de 300 km e seu *hinterland* é composto principalmente pelo leste de La Pampa e sul da província de Buenos Aires. A profundidade máxima de BHB é de 45 pés e a de QQN é de 40 pés. Embora cada um deles tenha seu *hinterland* cativo, há uma concorrência por parte do território do centro-sul da província de Buenos Aires.

A fatia de mercadorias exportadas de grãos dos portos para o ano de 2010 foi de 68% pelo complexo de Rosario, 16% para BHB e 12% para QQN. Os portos argentinos compartilham o problema dos gargalos de capacidade nos acessos aos portos (BARBERO, 2010). Na Figura 4 mostram-se a localização dos portos de Rosario, BHB e QQ. Na figura, quanto mais escuro está marcado o departamento, maior produção ele tem. Como são os três portos graneleiros mais importantes, todos apresentam cotações *Free Allongside Ship* (FAS) do dia. Porém somente Rosario e BHB possuem bolsa de comércio com cotação de cereais.



**Figura 4.**Produção de grãos e principais portos

Fonte: Elaboração própria com base em: ARGENTINA, 2013 c; ARGENTINA, 2014.

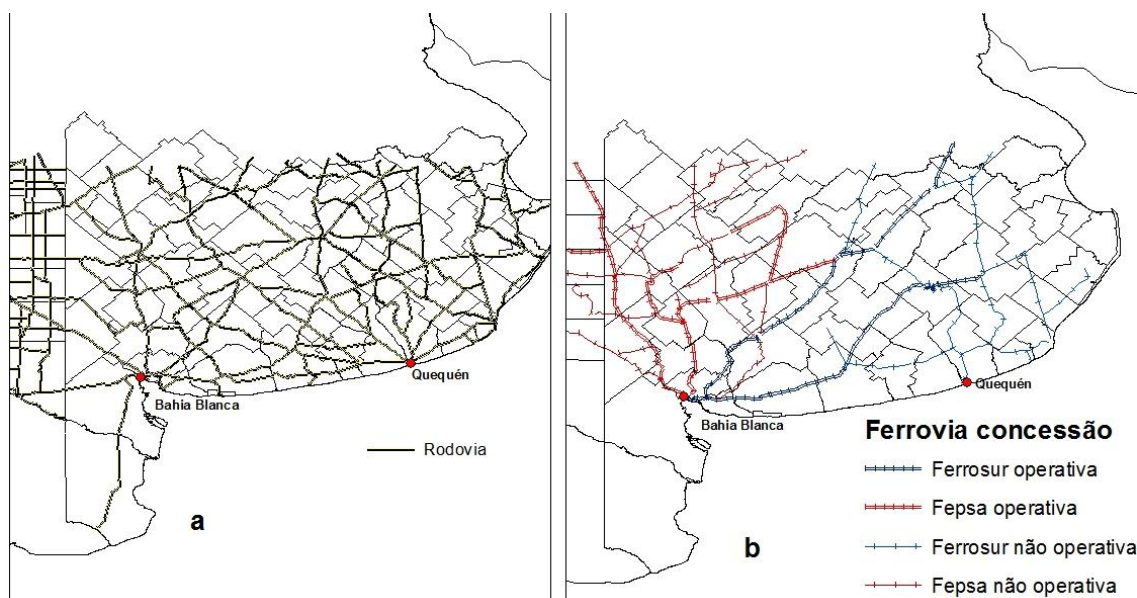
### 2.3 ZONA DE ESTUDO

A zona de estudo para analisar a tomada de decisão dos consolidadores é a afetada pelos portos de BHB e QQN. A produção desta área é principalmente a soja, o trigo, o girassol e o milho. Antigamente, a importância do trigo na zona era maior, mas a partir de intervenções governamentais nas exportações, a soja ganhou o espaço preponderante.

Dentro dessa área há duas concessões de ferrovia: Ferro Expresso Pampeano (Fepsa) e Ferrosur. A Fepsa é especializada no transporte de grãos e possui as

concessões do oeste da província de Buenos Aires, sul de Santa Fé e leste de La Pampa. Há conexões para os portos de BHB e para o de Rosario. No ano 2014 a ferrovia transportou 3,5 milhões de t, sendo 1,5 de soja.

A concessão da Ferrosur é especializada na carga de minério desde Olavarría, no centro da província de Buenos Aires, até o porto de BHB e a cidade de Buenos Aires. Possui a concessão do leste da província de Buenos Aires incluindo acessos ao porto de QQN e de BHB, mas atualmente está fora de operação. No caso do transporte de grãos, permite a operação da Fepsa na sua rede. Na Figura 5 ilustram-se as redes rodoviária (a) e ferroviária (b).



**Figura 5.** Mapa de vias e Ferrovias em operação no Sul da Província de Buenos Aires  
 Fonte: Elaboração própria em base a: GARCIA E CANITROT (2013); ARGENTINA, 2013 a;  
 ARGENTINA 2013 b; ARGENTINA, 2013 c.

O porto de BHB está localizado numa baía que provê um bom resguardo das marés das ondas. É o porto graneleiro de maior profundidade do país. Já o porto de QQN está localizado na saída de um rio, fazendo com que o calado dependa das marés e precise de proteções das ondas do mar. Dessa maneira, eventualmente, o porto precisa ser fechado para a operação. Por exemplo, durante o ano de 2004 o porto esteve fechado por 87 dias, sendo 16 deles consecutivos (GALVÁN *et al.*, 2006).



Há diferenças nas cotações FAS entre os portos de BHB e QQN, chegando a ser de 6% para o trigo e a soja, e 10% para o milho. Segundo Terwissen (2008), as diferenças de preço são causadas pelas demoras aos exportadores, diferenças do calado dos portos, melhor governança portuária e uma menor quantidade de conflitos sindicais em BHB.

## 2.4 SÍNTESE

As mudanças do sistema agrário da Argentina aumentaram o rendimento por hectare, melhorando a competitividade do setor. Dentro do sistema, os atores logísticos fundamentais são os consolidadores. Eles concentram os grãos e os acondicionam para vendê-los aos exportadores ou às fábricas. Além disso, possuem capacidade fixa de armazenamento e podem aproveitar as economias de escalas vindas da ferrovia.

Porém, parte da competitividade é absorvida pelo custo de transporte. A abrangência da malha rodoviária somada à decadência da ferrovia são algumas das causas do alto custo em transportes.

BHB e QQN são 2 dos 3 portos de cereais mais importantes da Argentina e estão localizados no Sul da Província de Buenos Aires. Esses portos concentram 28% das exportações. O porto de BHB tem melhores condições naturais e de infraestrutura do que QQN, o que é em parte refletido pela cotação FAS.

### **3 MÉTODO**

No presente capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados. O presente trabalho é do tipo quantitativo. Primeiramente se mostra a forma do desenho e execução da pesquisa. Finalmente se demarca a forma que foi feito o modelo e as posteriores análises.

#### **3.1 TRABALHO DE CAMPO**

O trabalho de campo foi desenvolvido a partir de experimentos de PD. O planejamento de uma pesquisa de PD consiste no desenho do questionário, a execução de uma pesquisa piloto e a execução final do trabalho de campo.

Para o desenho do questionário fez-se uma revisão de estudos de transporte de carga para identificar que variáveis eram utilizadas. Os modelos procurados incluíam modelagem de modo e de escolha de portos. Como resultado, escolheram-se 7 variáveis.

Após a definição das variáveis, fez-se um projeto de experimentos fracionando e blocando a pesquisa. Isto permite diminuir a quantidade de situações de escolha por entrevistado, fazendo dois blocos de 9 situações por entrevistado.

O trabalho de campo foi executado entre os dias 20/05/2014 e 05/06/2014. Foi feito de maneira presencial tanto para poder garantir o entendimento das perguntas como para poder avaliar a credibilidade dos cenários e coletar informações do tipo qualitativas.

Foram visitados os municípios de Azul, Balcarce, Benito Juarez, Coronel Suarez, General La Madrid, Gonzales Chaves, Laprida, Olavarria, Rauch, Tandil e Tres Arroyos. De cada cidade, foram entrevistados entre 1 e 6 tomadores de decisão, dependendo da quantidade de consolidadores presentes, volume abarcado por eles e disponibilidade para responder. Dado que para compor um questionário completo é preciso realizar dois blocos, nos casos em que foi aplicado um número ímpar de questionários foi compensado com outras entrevistas em localidades circundantes para obter um equilíbrio entre os blocos. No total foram entrevistados 32 indivíduos.

### 3.2 MODELAGEM E ANÁLISE

Após a obtenção dos dados com a pesquisa de PD, procedeu-se à formulação do modelo. Foram testadas, alternadamente, as diferentes variáveis do questionário e a inclusão de novas variáveis para encontrar o melhor ajuste, tanto para os modelos *Multinomial Logit* como para o *Nested Logit*.

O critério de aceitação ou rejeição das variáveis foi o valor do estatístico t, que determina a significância. Se o módulo do estatístico t for maior a 1,96 garante a significância de 5%, o que foi utilizado como critério de aceitação das variáveis. Também se analisou que o sinal do coeficiente da variável é o esperado.

O critério de escolha do melhor modelo não depende somente da significância das variáveis. Também é levada em consideração a verossimilhança ( $\rho^2$ ). Quanto maior for o  $\rho^2$  ajustado pelo número de variáveis, maior o poder do modelo para explicar a base de dados.

Uma vez escolhido o modelo, procedeu-se às análises. Primeiro exploraram-se os parâmetros incluídos e rejeitados, refletindo sobre seus valores relativos. Dando continuidade, estimaram-se valores para a elasticidade da função probabilidade de

escolha e as curvas de iso-utilidade. As curvas de iso-utilidade foram calculadas igualando as funções de utilidade das alternativas.

Também foram feitas análises das curvas de demanda para diferentes localidades e desenvolveu-se um modelo agregado da escolha modal para a zona em estudo. Dito modelo consistiu na ponderação da função probabilidade num local com a produção do local. A partir desse modelo, analisaram-se os efeitos de diferentes níveis de serviço no *market share*, na arrecadação da ferrovia e no gasto total de transporte, tudo em função da política de preço do trem.

### 3.3 SÍNTESE

Nesse capítulo apresentou-se o método geral utilizado. A pesquisa foi feita em três etapas, uma primeira de revisão teórica, seguida de um trabalho de campo e finalmente uma de modelagem e análise dos dados. Para cada etapa detalhou-se os passos seguidos e os critérios utilizados na execução do trabalho.

## 4 MARCO TEÓRICO

A modelagem de carga tem ficado atrás da modelagem de passageiros. Porém, existem esforços para reduzir essa brecha. Nesse sentido, muitos trabalhos estão procurando incluir variáveis logísticas e comportamentos individuais aos modelos.

Em muitos casos o modelo 4 etapas tradicional mostrou-se insuficiente para atender às novas necessidades de modelagem (DAVIDSON, 2011). A partir disso, estão se desenvolvendo continuamente modelos com uma abordagem mais integral. Em muitos casos, isso se reflete na fusão de diferentes escolhas, estudando-as de forma conjunta.

Nesta seção se apresentam modelos que modelam conjuntamente diferentes etapas do modelo tradicional. A seguir é feita uma revisão dos modelos de carga e as variáveis utilizadas neles. Finalmente são apresentados os fundamentos dos modelos de escolha discreta, incluindo os modelos *Multinomial Logit* (MNL) e *Nested Logit* (NL), a técnica de preferência declarada (PD) e os conceitos de elasticidade.

### 4.1 MODELAGEM CONJUNTA

A modelagem de transportes é atualmente dominada pelo modelo 4 etapas convencional, devido a sua simplicidade. Porém, esse modelo, para ganhar realismo, foi

convertendo, ao adicionar mais passos, em modelos mais complexos (DAVIDSON, 2011). Particularmente para o transporte de carga, a modelagem do tamanho do envio e o modo de transporte são tratadas conjuntamente (ABDELWAHAB, 1998; WINDISCH *et al.*, 2010).

A fusão de algumas etapas para testar interações entre elas foi analisada desde os começos dos modelos comportamentais. Williams e Ortúzar (1982) examinam as correlações entre os termos de erro das escolhas de modo e de destino. Eles concluíam que, quando o NL colapsa ao MNL, as duas escolhas não têm resíduos independentes e, portanto, são escolhidas em conjunto.

O problema da modelagem conjunta e da atualização do modelo 4 etapas tem tido diferentes tentativas de superação. Destaca-se nos modelos detalhados a continuação a importância da abordagem comportamental, tanto do MNL como do NL. A seguir são descritos algumas técnicas que modelam diferentes etapas conjuntamente, tanto para transporte de carga como de passageiros:

- i. Modelos sequenciais iterativos: Estes modelos utilizam o modelo 4 etapas sequencialmente, mas projetam uma retroalimentação das diferentes etapas para alcançar um equilíbrio entre elas. Para utilizar esse tipo de modelagem, devem-se identificar as interações entre as diferentes etapas e definir uma regra de convergência. Quando se chega a um equilíbrio, a distribuição de parâmetros de saída otimiza todas as etapas consideradas. Kim *et al.* (2013) modelaram conjuntamente a divisão modal com diferentes configurações da rede transportes para poder decidir qual é a mais eficiente. Essa integração é crítica porque os atributos da oferta de transporte determinam a divisão modal, e o volume de passageiros afeta tanto a frequência do serviço como o conforto e o valor da tarifa. Além disso, é proposta uma função objetivo para a seleção da tecnologia de transporte público a utilizar (o que também afeta a demanda). Zhang *et al.* (2008), para a modelagem da rede intermodal do leste de Europa, modelaram conjuntamente o modal (ferroviário, rodoviário e aquaviário) com a escolha da rota. Mediante simulações de Monte Carlo e uma função para estimar o equilíbrio geral do sistema, os autores buscam uma solução estável ao modelo, obtendo um resultado robusto e de bom desempenho.

- ii. Equações resolvidas por métodos numéricos: Uma alternativa para a resolução de um equilíbrio dinâmico pode ser o estabelecimento de equações complexas que precisam de algum tipo de método de aproximação para a solução. Essas equações têm que refletir as interações entre diferentes etapas e parâmetros influentes. No caso do trabalho desenvolvido por Sun *et al.* (2013) foi estudada a interação entre as variações de demanda com o custo total necessário para prover o serviço (tanto para o órgão gestor como para o passageiro). A principal diferença com relação à categoria anterior é que esses tipos de equações representam uma interação mais direta com menor quantidade de passos intermediários que afetam a solução final e que a métrica de solução definitiva seja a convergência do sistema de equações.
- iii. *Fuzzy Logic*: Outra forma de modelar conjuntamente diferentes formas de tomar decisões é por meio da *fuzzy segmentation theory* para criar um modelo flexível que permita um melhor ajuste nos dados. Esta flexibilidade vem da capacidade que o modelo dá para que cada indivíduo possa estar em mais de um segmento e que cada segmento possa ter mais de uma forma de tomar a decisão. Para o estudo de caso de Isahq *et al.* (2013) cada passageiro podia estar em diferentes segmentos definidos pelas características socioeconômicas. Dentro de cada segmento existe a possibilidade que seja tomada a decisão de modo-destino por meio de dois NL, um que primeiro se escolhe o destino e depois o modo e outro que primeiro escolhe o modo e depois o destino. Dessa maneira, com o uso de dois modelos de NL ao mesmo tempo, pode-se simular simultaneamente a escolha modo-destino, o que não seria possível utilizando um único NL por segmento, onde se forçaria a ocorrer uma escolha de cada vez.
- iv. Novas distribuições para escolhas conjuntas: Outra forma de modelar conjuntamente duas decisões é a utilização de uma distribuição que mantenha as características individuais de cada decisão, mas que permita avaliar em conjunto os fatores que são comuns às duas escolhas. Uma dessas distribuições é a Copula, que permite examinar diferentes distribuições individuais para unir as mesmas e poder explorar efeitos conjuntos (BHAT, 2009 *apud* POURABDOLLAHI *et al.*, 2013). No caso do artigo analisado que utiliza a

mencionada distribuição é modelado conjuntamente o modo e o tamanho do envio. Nesse artigo utilizam-se dois MNL unidos pela Cópula para a modelagem. Dessa maneira, é adotado um enfoque desagregado e, ao mesmo tempo, conjunto para duas decisões (POURABDOLLAHI *et al.*, 2013).

- v. Simulação estocástica: Davidson (2011) traz um enfoque completamente diferente dos demais, apresentando um modelo chamado *Stochastic Segmented Slice Simulation* (4S). Ele identifica que a modelagem tradicional de transportes (modelo 4 etapas) traz muitas simplificações que não confere realismo ao modelo. O 4S permite segmentar com diferentes parâmetros a modelagem comportamental, utiliza o método de Monte Carlo para simular os valores dos parâmetros, permite analisar segmentos do mercado de transporte através das distribuições e utiliza um método de simulação flexível para simular todos os aspectos da escolha de viagens. As aplicações do modelo foram feitas na Austrália, mas nenhuma foi detalhada no artigo para testar sua aplicabilidade e outras métricas do ajuste do modelo.

## 4.2 MODELAGEM DE CARGA

O estado da arte da modelagem de carga se desenvolveu mais lentamente do que a modelagem de passageiros, baseada no modelo 4 etapas, e do que os avanços dos conceitos e modelagem da logística (HENSHER E FIGLIOZZI, 2007). Nesse sentido, diversas associações científicas de transporte começaram a se envolver na demanda de novos modelos de transporte. O *Transport Research Board* (TRB) realizou em 2006 uma conferência específica para debater o estado da arte da análise da demanda de transporte de cargas e sua aplicação em políticas públicas, bem como identificar as necessidades de modelagem (HANCKOK, 2008). Em 2007, o jornal *Transportation Research Part B: Methodological* lança uma edição especial destinada a publicar avanços na modelagem comportamental da carga, destacando o atraso relativo aos avanços da logística (HENSHER E FIGLIOZZI, 2007). Em 2010, *The National Academy of Science* lança um relatório da *National Cooperative Freight Research Program* sobre o estado da arte da modelagem de carga aplicada à tomada de decisão nos Estados Unidos (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, 2010).



Os modelos desenvolvidos nos últimos anos na Europa e nos Estados Unidos evidenciam os esforços que vem sendo feitos para a inclusão dos tomadores de decisão e de variáveis logísticas nos modelos de carga. De Jong *et al.* (2013) e Chow *et al.* (2010) realizaram revisões aprofundadas sobre os modelos europeus e norte-americanos, respectivamente.

De Jong *et al.* (2013) fez uma revisão dos modelos desenvolvidos na Europa para depois refletir sobre o futuro dos modelos de previsão de carga, destacando a inclusão de variáveis logísticas e de modelos desagregados como principais avanços dos modelos. Os métodos comportamentais citados como futuro desenvolvimento são os que envolvem vários atores e as decisões entre eles. Um dos métodos descritos refere-se a um estudo que representa interativamente as decisões entre os diferentes atores da cadeia (HENSHER 2002, *apud* DE JONG *et al.*, 2013 e FRIESZ *et al.*, 2008, *apud* DE JONG *et al.*, 2013). Como um elemento a incorporar em futuros modelos é mencionada a integração entre a produção, a estocagem e o transporte. Existem *trade-offs* entre aquelas variáveis que podem ser explorados para uma melhor compreensão da movimentação de bens. Outras futuras fontes de enriquecimento dos modelos, segundo o artigo, são a interação com a logística urbana, a modelagem levando em consideração as estimativas de passageiros e a inclusão de variáveis mais intangíveis do que preço e tempo (DE JONG *et al.*, 2013). De Jong *et al.* (2013) também identificam vários itens a serem incluídos na modelagem que podem ser resumidos na inclusão da produção *just in time*, na escolha da localização dos atores e na alocação em uma mesma rede do transporte de passageiros e de cargas.

Chow *et al.* (2010), em um estudo equivalente para os Estados Unidos, chegaram à conclusão de que nos modelos utilizados não estão, atualmente, incluindo variáveis logísticas e também não estão considerando os atores individualmente como tomadores de decisão. Para superar isso, foram identificadas algumas brechas entre o estado da arte identificado pelos autores e a prática atual nos Estados Unidos, destacando-se a necessidade de desagregar os modelos para incorporar as decisões dos atores. A partir disso, são definidos mais dois tipos de modelos: os que levam em conta as eleições logísticas e os que tomam como base o veículo que faz o trajeto. Dentro dos “logísticos” encontram-se: i) os seqüenciais, que modelam a produção, os inventários e o transporte; ii) os baseados em atividades (similares aos desenvolvidos para o transporte de

passageiros); iii) os que modelam conjuntamente o modo e tamanho do carregamento e; iv) os de logística urbana. Os modelos que levam como base o veículo ou as transportadoras como objeto de estudo são orientados principalmente à logística urbana.

Outros estudos tem se dedicado à análise da movimentação de carga com um foco mais específico, mas atingindo conclusões metodológicas interessantes. Brooks e Trifts (2008) modelaram as escolhas dos armadores canadenses e Brookset *al.* (2012) dos armadores australianos utilizando questionários de PD e oferecendo aos entrevistados a possibilidade de compartilhar a carga entre as diferentes opções. Shingal e Fowkes (2001) e Fowkes (2007) fizeram estudos de preferência declarada com empresas para estudar unicamente a escolha modal. Nesses estudos destacam-se a importância da geração de um questionário adaptativo que permita aumentar a quantidade de informações obtidas dos entrevistados.

No estudo de Johnson e de Jong (2011), foram modelados o tamanho do envio e o modo conjuntamente para a Suécia, comparando três modelos logit: i) somente para modo; ii) um discreto para modo e discreto de tamanho de envio; e iii) um modelo discreto de modo e contínuo de tamanho de envio. A conclusão alcançada é de que, dependendo do modelo utilizado, mudam os resultados de elasticidade podendo ter consequências para as políticas a serem avaliadas com tais modelos.

Mesmo com os avanços e com a inclusão de variáveis logísticas em alguns modelos, em geral os modelos ainda apresentam falhas a serem superadas. As decisões de transporte de carga tendem a ser tomadas em seu conjunto, enquanto a modelagem atualmente tende a tratar as etapas sequencialmente (JOHNSON E DE JONG, 2011; POURABDOLLAHI *et al.* 2013). Uma medida nesse sentido é a realização de modificações no modelo de 4 etapas para incorporar essas complexidades (DE JONG *et al.*, 2013), dado que o estado atual da pesquisa não tem aplicabilidade direta no transporte de carga (BROOKS E TRIFTS, 2008).

O método utilizado para modelar não é o único fator que limita os modelos atuais. Os dados disponíveis tendem a ser agregados. A utilização desses dados causa perdas de precisão, bem como a dificuldade para incorporar variáveis logísticas e utilizar modelos que utilizem o tomador de decisão como foco da modelagem (WINDISCH *et al.*, 2010).

Isso também faz com que a aplicabilidade a grandes redes de transporte seja limitada pela disponibilidade de dados comparáveis (ZHANG *et al.*, 2008).

Em paralelo, a partir do surgimento de complexidades na tomada de decisão dos agentes envolvidos nas cadeias de suprimentos, aparecem necessidades do setor público para estabelecer diretrizes de desenvolvimento do setor. Essas diretrizes estão fortemente ligadas à importância do transporte para a economia (MEYER, 2006; BROOKS E TRIFTS, 2008) e ao seu impacto nas mudanças climáticas (STELLING, 2014). Por exemplo, Brookset *al.* (2012) estudaram com um modelo de PD a divisão modal nos principais corredores logísticos da Austrália para avaliar o impacto que teriam os impostos de carbono na divisão modal.

Estudos anteriores identificaram algumas tendências para os futuros modelos de carga, sendo a mais importante delas a inclusão de elementos de decisões logísticas (DEJONG *et al.*, 2013). Turnquist (2006) destaca a importância de que os modelos sejam baseados nas escolhas dos agentes e que a variável custo englobe o custo total e não simplesmente a tarifa de transporte.

Wang *et al.* (2013) concluem que os modelos futuros terão que misturar variáveis discretas e contínuas como fatores de tamanho dos envios, custos de armazenagem, locação de armazéns e usos do solo. Por exemplo, a Suécia está implantando um modelo baseado na teoria da utilidade aleatória para formular modelos que abandonem a divisão modal determinística (ABATE *et al.*, 2014).

### 4.3 MODELOS COMPORTAMENTAIS

Os modelos de escolha discreta utilizados na demanda de transportes estão baseados na teoria da utilidade aleatória. A partir dessa teoria é que são desenvolvidos os modelos de MNL e NL. Estes modelos possuem a flexibilidade que lhes permite obter dados de pesquisas de PD.

### 4.3.1 Teoria da Utilidade Aleatória

Os modelos comportamentais mais utilizados estão baseados na teoria de utilidade aleatória (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011). A teoria sustenta-se na suposição de que os indivíduos são racionais e que eles escolhem a alternativa que lhes dê maior satisfação ou utilidade.

A utilidade percebida depende de elementos de cada alternativa e de preferências do indivíduo que faz a escolha. A função utilidade  $U_{jq}$  da alternativa  $i$  para o indivíduo  $q$  tem um termo  $V_{jq}$  que o pesquisador pode medir e um termo aleatório  $\varepsilon_{jq}$ .

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (1)$$

O termo aleatório é o que permite explicar como dois indivíduos com as mesmas características podem escolher alternativas diferentes e que alguns indivíduos não escolhem as alternativas que a priori aparecem como mais vantajosas. O termo  $\varepsilon$  tem um valor médio de 0 e uma distribuição que depende da técnica de modelagem. Esse elemento aleatório é o que permite dar um enfoque probabilístico. Por outro lado, uma forma utilizada para modelar o termo observável é a seguinte:

$$V_{iq} = \alpha_i + \beta_1 * X_{1q} + \beta_2 * X_{2q} + \dots + \beta_n * X_{nq} \quad (2)$$

Os parâmetros  $\beta$  são constantes para todos os indivíduos, mas podem variar de alternativa a alternativa. Os  $X_{nq}$  são os parâmetros que compõem a função utilidade, sendo  $\alpha_i$  o conjunto de características não contempladas nos outros termos.

### 4.3.2 Modelos de escolha discreta

Os modelos comportamentais desagregados sustentam-se na teoria da utilidade aleatória, pois comparam as funções de utilidade de cada alternativa. A partir das relações entre as utilidades geram-se as funções de probabilidade. Os dois modelos mais difundidos são o *Multinomial Logit*(MNL) e o *Nested Logit* (NL).

#### 4.3.2.1 Multinomial Logit

O modelo MNL é a forma mais simples que os modelos de escolha discreta possuem. A probabilidade de escolha de uma alternativa está dada pela equação 3 (BENAKIVA E LERMAN, 1993):

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_i e^{U_i}} \quad (3)$$

Onde:

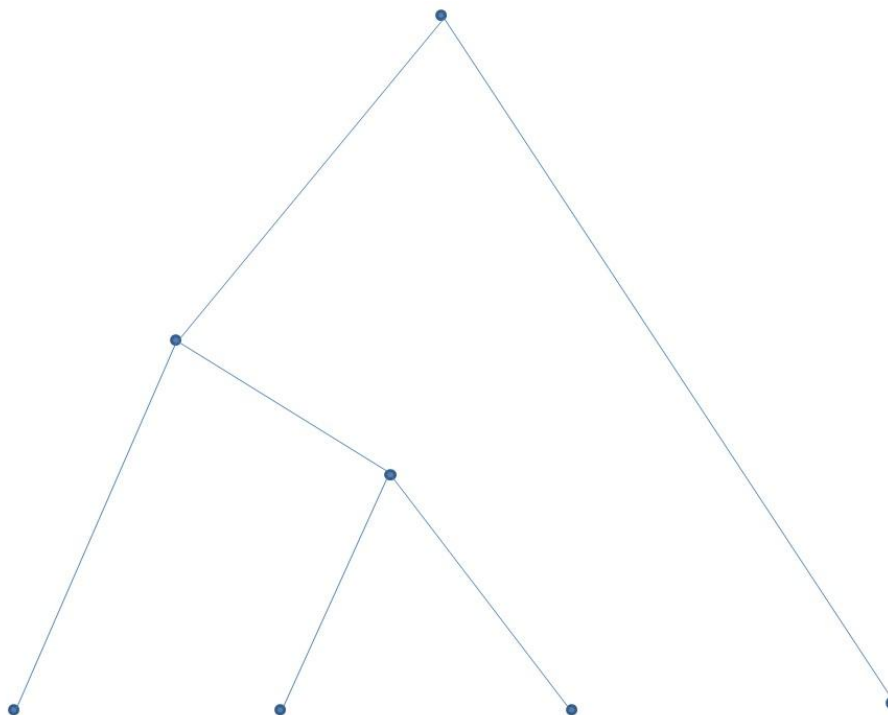
$P_i$ : Probabilidade de escolha da alternativa  $i$

$U_i$ : Utilidade da alternativa  $i$

O MNL supõe que o termo aleatório  $\varepsilon$  é distribuído segundo a distribuição de Gumbel, que implica ter o axioma da *Independence of Irrelevant Alternatives* (IIA). A IIA implica que para duas alternativas que possuem  $U_i \neq 0$ , o quociente entre eles permanece inalterado pela presença ou ausência de outras alternativas (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011). A IIA permite avaliar o efeito da inclusão de novas alternativas ou avaliar o comportamento somente de duas ou mais alternativas atuando isoladamente. Porém, traz uma desvantagem, o modelo falha quando duas alternativas apresentam correlações.

#### 4.3.2.2 Nested Logit

Quando as alternativas apresentam correlações ou se existem variações significativas entre os indivíduos, o MNL não se apresenta como uma alternativa viável. Os modelos NL foram desenvolvidos para superar esses problemas. O NL é um modelo onde as diferentes alternativas são agrupadas em diferentes níveis, como ilustra a Figura 6:



**Figura 6.**Exemplo de alternativas aninhadas  
 Fonte: Adaptado de ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011

Em cada nível, ou ninho, estão as alternativas que possuem correlações, que competem entre si. Por sua vez, os ninhos concorrem entre si para definir a outra escolha. A utilidade do ninho  $j$  que contém as alternativas  $k$  é estimada da seguinte maneira (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011):

$$V_i = \frac{\ln \sum_k e^{(V_k * \lambda)}}{\lambda} \quad (4)$$

Nos casos em que  $\lambda=1$ , o NL colapsa e se converte em um MNL, significando que as alternativas não estão correlacionadas. Quando isso acontece, é conveniente que o modelo seja estimado como MNL (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

### 4.3.3 Técnicas de Obtenção de Dados

Os modelos desagregados precisam de dados sobre as escolhas dos indivíduos para sua calibração. Estes dados podem ser coletados de pesquisas de preferência revelada (PR) ou de PD.

A PR consiste na obtenção de escolhas já feitas pelo indivíduo. Essa técnica possui vários problemas. Inicialmente, nem sempre se tem a suficiente variabilidade dos atributos para fazer um modelo robusto. Também nem sempre se permite a identificação de fatores além dos dominantes. Outra desvantagem é que não permite a avaliação de preferências para novas políticas ou meios de transporte que não tenham sido experimentadas pelos entrevistados.

Já as técnicas de PD superam vários desses problemas. Essas técnicas consistem na realização de questionários (presenciais ou não) onde o entrevistado é forçado a escolher entre um conjunto de situações hipotéticas para obter a preferência dentro dessas alternativas. A resposta pode ser feita como um *ranking* entre as alternativas, como uma avaliação (*rating*) da preferência ou como uma escolha discreta.

As pesquisas de PD estão baseadas no que os respondentes declaram que irão fazer em função de um conjunto de atributos apresentados. Os atributos são escolhidos pelo pesquisador, tentando garantir que sejam entendidos pelo entrevistado e que sejam realísticos e críveis.

As técnicas de PD utilizam projeto de experimentos permitindo que o entrevistador desenhe a pesquisa, e assim permitindotirar uma maior quantidade de informação de cada indivíduo. Isso não se deve somente por apresentar vários cenários a cadaentrevistado. A realização de projetos de experimentos permite garantir a ortogonalidade e a rotacionalidade dos cenários. A ortogonalidade assegura que as combinações sejam independentes entre si e a rotacionalidade, garante que os pontos sejam equidistantes do ponto central.

Um projeto fatorial completo (PFC) com  $k$  atributos de  $n$  níveis possuem  $n^k$  combinações diferentes. Pode-se notar que, aumentando o número de níveis ou de atributos, a complexidade cresce geometricamente. Fazendo o PFC, é possível avaliar todos os efeitos principais e todas suas interações. Se o número for muito grande, existe a possibilidade de fracionar e bloquear o experimento, perdendo informações das interações de maior ordem. Porém, se os pesquisadores tiverem indícios que as interações não são significativas, esses procedimentos não comprometerão informações

relevantes. Isso é importante destacar porque muitos cenários podem confundir ou entediar aos respondentes (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011).

#### 4.3.4 Elasticidade

A elasticidade é uma medida que permite avaliar as mudanças na probabilidade de escolher uma alternativa devido à variação marginal de um fator. A elasticidade direta explica as mudanças com relação a um atributo daquela alternativa, enquanto a cruzada diz respeito a um fator de outra alternativa.

As elasticidades (E) são calculadas a partir da derivada parcial da função probabilidade (P) em relação à variável  $X_i$ :

$$E(P, X_i) = \frac{\partial P}{\partial X_i} * \frac{X_i}{P} \quad (5)$$

Graficamente, a elasticidade é identificada como o gradiente da curva. Se o valor for negativo, a relação entre as variáveis é inversa: um aumento do valor traz uma diminuição da probabilidade de escolha, e o oposto ocorre se for positivo.

A demanda é considerada relativamente inelástica se o valor estiver entre 0 e 1, o que implica que cada variação do atributo terá um efeito proporcionalmente menor. Já se o valor for maior do que 1 a demanda será elástica, significando que uma variação do valor terá um efeito proporcionalmente maior na demanda.

Para os modelos MNL a elasticidade direta tem a seguinte forma de cálculo (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011):



$$E_{P_{iq}, X_{ikq}} = \theta_{ik} * x_{ikq} (1 - P_{iq}) \quad (6)$$

Onde:

$P_{iq}$ : Probabilidade de escolha de  $i$  do individuo  $q$

$x_{ikq}$ : Valor do atributo  $k$  da alternativa  $i$  do indivíduo  $q$

$\theta_{ik}$ : Coeficiente do atributo  $k$  para alternativa  $i$

$E_{P_{iq}}$ : Elasticidade da  $P_{iq}$  para a o atributo  $k$  do individuo  $q$

A elasticidade cruzada é estimada a partir da seguinte equação:

$$E_{P_{iq}, X_{jkq}} = -\theta_{jk} * x_{jkq} * P_{jq} \quad (7)$$

Onde:

$P_{jq}$ : Probabilidade de escolha de  $j$  do individuo  $q$

$\theta_{jk}$ : Coeficiente do atributo  $k$  da alternativa  $j$

$x_{jkq}$ : Valor do atributo  $k$  da alternativa  $j$  do individuo  $q$

$E_{P_{iq}, X_{jkq}}$ : Elasticidade da  $P_{iq}$  para o atributo  $k$  da alternativa  $j$  do individuo  $q$

#### 4.4 SÍNTESE

A teoria da utilidade aleatória sustenta os modelos de escolha discreta. A partir daí é que são criados os diferentes modelos que têm como objetivo a descrição do comportamento dos indivíduos.

Dentro desses modelos destacam-se o MNL e o NL, por serem os primeiros e mais básicos. A principal diferença encontra-se em que o NL permite modelar alternativas correlacionadas. Essa correlação implica, em certo modo, que as escolhas sejam feitas primeiro com base nos elementos em comum para depois serem escolhidas cada alternativa individualmente. Por outro lado, se as alternativas não estiverem correlacionadas, isso pode significar que cada alternativa seja tratada independentemente das outras.

Unir duas etapas nas escolhas é uma maneira de pensar de forma mais abrangente o modelo 4 etapas. Esse modelo, o mais clássico de transportes, tem se mostrado muito

básico e nos modelos desenvolvidos nos últimos anos tende-se a ter uma visão mais integrada e menos sequencial desses passos. Embora se tenham desenvolvido vários modelos que superaram o enfoque sequencial, nem sempre é necessário realizar uma modelagem completa das etapas ou com modelos complexos.

A modelagem com técnicas de PD permite adaptar e juntar algumas etapas, segundo as necessidades do pesquisador. Dessa maneira, pode-se superar a abordagem sequencial com um enfoque comportamental sem perder parte da simplicidade.

## **5 EXECUÇÃO DO TRABALHO DE CAMPO**

O presente capítulo apresenta os passos relativos à execução da pesquisa. É dividido em duas etapas: a primeira referente ao planejamento e a segunda relativa à execução.

O desenvolvimento de pesquisas de PD envolvem diferentes etapas para tentar garantir a sua eficácia. A inclusão das variáveis adequadas, junto à escolha dos valores dos atributos são fatores cruciais no sucesso da PD.

O planejamento inclui etapas como a busca na literatura de variáveis utilizadas em estudos similares e o desenho de projetos de experimentos. Este último permite maximizar a informação tirada de cada entrevistado, minimizando a quantidade de cenários por respondente.

### **5.1 SELEÇÃO DE VARIÁVEIS**

Para fazer a seleção das variáveis presentes no estudo foram feitas duas pesquisas. A primeira foi uma revisão bibliográfica exploratória para identificar que variáveis estavam presentes nas pesquisas qualitativas e quantitativas, tanto para a escolha modal como para a escolha portuária. A segunda foi um conjunto de questionários enviados por correio eletrônico a tomadores de decisão de diferentes partes da região em estudo.

### 5.1.1 Revisão Bibliográfica

As variáveis utilizadas nos trabalhos de escolha de modo e destino tendem a incluir, além das clássicas variáveis de custo e tempo, variáveis que refletem aspectos logísticos. Os artigos selecionados apresentam diferentes estudos sobre essas escolhas e as variáveis que as condicionam.

Danielis *et al.* (2005) utilizaram *adaptive conjoint analysis* para estimar as preferências de gerentes de logísticas de duas regiões de Itália achando uma forte preferência por atributos relativos à qualidade do que a custo. Danielis e Marcucci (2007), por sua vez apresentaram um modelo de PD sobre a seleção do serviço de fretes em fábricas italianas, achando não linearidades na função utilidade. Além disso, os pesquisadores fizeram foco sobre as implicações dos resultados para incentivar a troca da rodovia para a ferrovia.

Feo *et al.* (2011) realizaram uma pesquisa de PD para avaliar as preferências de escolha de modo entre a rodovia e a cabotagem para avaliar a viabilidade de uso e para avaliar políticas. Feo-Valero *et al.* (2011) tiveram como foco a divisão modal para a rodovia e ferrovia no trecho terrestre do transporte intermodal marítimo. Os autores destacaram a importância da frequência de serviço na competitividade da ferrovia.

Mangan *et al.* (2002) abordam a modelagem portuária para cargas *RoRo*, misturando técnicas quantitativas e qualitativas. Shinghar e Fowkes (2002) apresentam resultados dos determinantes da escolha modal de carga para a Índia, encontrando a frequência de serviço como um fator determinante e o valor da confiabilidade menor do que o esperado.

Steven e Corsi (2012) utilizaram uma base de dados desagregada para modelar a escolha portuária, fazendo uma segmentação por tamanho da empresa embarcadora da carga. Para as maiores companhias a velocidade de entrega é um fator mais importante do que o custo, em comparação com empresas menores. Segundo os autores, o modelo pode ser utilizado para avaliar investimentos nos portos. Tongzon (2009) avalia a escolha de *third parties logistics* nos portos do sudeste asiático. As variáveis mais importantes foram a eficiência, a frequência dos serviços, a infraestrutura e a locação.

Zamparini *et al.* (2011) realizaram um estudo de PD na Tanzânia para determinar a importância relativa dos atributos de qualidade do transporte da região e obter o *willingness to pay* deles. Cullinane e Toy (2000) também utilizaram PD para estudar as decisões de modo e rota aplicadas ao Leste da Europa. Puckett e Hensher (2008) investigaram a tomada de decisão para o transporte urbano de mercadorias, fazendo foco na forma que os tomadores de decisão processam os atributos.

A Tabela 1 apresenta um resumo das variáveis utilizadas nos estudos. Existe uma grande amplitude de termos que fazem referência a cada variável, e que foram agrupados numa mesma categoria. Isso acontece quando a variável utilizada é um indicador de um determinado atributo qualitativo de difícil medição.

**Tabela 1.** Variáveis presentes na literatura

Estudo Variável	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	Total
<b>Confiabilidade</b>	x	x	x	x	x	x			x	x	x	9
<b>Tempo</b>	x	x	x	x	x	x			x	x	x	9
<b>Custo</b>	x		x	x	x	x			x	x	x	8
<b>Frequência</b>		x	x	x		x		x	x	x		7
<b>Outras</b>		x			x			x		x		4
<b>Seguros</b>	x	x							x			3
<b>Serviço Oferecido</b>		x			x					x		3
<b>Eficiência do Porto</b>							x	x		x		3
<b>Custo do Porto</b>		x					x	x				3
<b>Nível de Serviço</b>									x			1
<b>Serviço do Porto</b>								x				1

1. Danielis *et al.*, 2005
2. Danielis e Marcucci, 2007
3. Feo *et al.*, 2011
4. Feo-Valero *et al.*, 2011
5. Mangan *et al.*, 2002
6. Shingal e Fawkes, 2002

7. Steven e Corsi, 2012
8. Tongzon, 2009
9. Zamparini *et al.*, 2011
10. Cullinane e Toy, 2000
11. Puckett e Hensher, 2008

Os atributos mais presentes são o tempo de viagem, o custo, a confiabilidade e a frequência de serviço. Era de esperar que nas mais utilizadas, além do custo e tempo, estivessem presentes a confiabilidade e a frequência em função da inclusão de variáveis logísticas nos estudos. Já com um menor número de utilizações aparecem os itens seguro de carga e variáveis relacionadas ao serviço para o cliente, como a flexibilidade.

Referente às escolhas portuárias, salientou-se a eficiência operativa do porto, com 3 aparições. O custo e o serviço subministrado pelos portos foram outras variáveis inclusas, porém com menos aparições. A categoria “Outras” inclui variáveis como a distância, a capacidade de atendimento do porto e o tipo de carga.

### **5.1.2 Entrevistas individuais**

Para definir quais dos atributos identificados na literatura seriam incluídos no estudo e para identificar alguma variável adicional que fosse particularmente relevante, foi elaborado um questionário. O alvo deste questionário foram consolidadores de carga de diferentes partes da zona de estudo. A importância de fazer uma sondagem adicional reside em que podem existir atributos particulares ou que os tomadores de decisão estejam acostumados a utilizar termos diferentes dos achados nos estudos para descrever o mesmo atributo. Isso pode causar erros na interpretação dos questionários.

As perguntas foram orientadas a entender o mercado de transporte na região de estudo. Foram perguntadas que variáveis, além do preço, eram consideradas na escolha do frete. Somente foi perguntado pelo modo rodoviário, visto que nem todos têm acesso ao transporte ferroviário. Por esse motivo, foi perguntado se era achado possível a utilização da ferrovia para avaliar a credibilidade da alternativa do trem.

Do resultado da pesquisa, as variáveis utilizadas para a escolha modal foram “oportunidades de negócio”, flexibilidade na carga e preço. A escolha portuária estaria sendo levada em consideração dentro da alternativa de “oportunidade de negócio”. Referente à possibilidade para a ferrovia competir com o caminhão, isto foi considerado viável se forem feitos os investimentos suficientes para a reabilitação do sistema.

### 5.1.3 Variáveis Incluídas no Estudo

As variáveis incluídas no presente estudo são o custo do frete, o tempo de viagem, o seguro sobre as cargas, a confiabilidade dos serviços e a frequência para as decisões de modo. Para modelar as decisões de destino foram escolhidas preço e serviço no porto. Na Tabela 2 são enumeradas as variáveis que serão mostradas nas fichas de PD.

**Tabela 2.** Lista de variáveis utilizadas no presente estudo

Variável do estudo	Equivalente da revisão
Preço FAS	Custo do Porto
Valor do frete	Custo
Tempo de viagem	Tempo
Perdas toleradas	Seguros
Confiabilidade	Confiabilidade
Demora no porto	Serviço do porto
Demora na carga	Frequência

O preço utilizado na pesquisa vai ser o “*precio pizarra*”. Este é o preço sinalizado pelo porto para os vendedores e é utilizado como referência para as transações. O *precio pizarra* é o equivalente ao preço FAS que é o preço do bem com todos os impostos pagos e pronto para carregar no navio. É utilizado como aproximação aos custos do porto, porque leva em consideração o preço internacional e penalizações e custos do porto.

Para o custo de transporte foi utilizada o chamado “*flete largo*” isto é, o valor do frete entre o lugar de consolidação e destino. É importante fazer esta distinção porque tem o custo de manuseio e frete até a consolidação (“*flete corto*”) que tem que ser levado em consideração, mas devido à dependência desses valores à localização e à estrutura da empresa, foi decidido não incluí-los na modelagem. O tempo incluído no estudo corresponde ao tempo de deslocamento do “*flete largo*”.

O seguro de carga foi incluído como a porcentagem de tolerância de perda de mercadoria durante a viagem. Isso é, a quantidade de carga a partir da qual qualquer diferença de peso adicional é paga pelo transportador. A conveniência dessa definição é que normalmente é considerada nos contratos de frete. A confiabilidade do serviço foi

definida pela quantidade de vezes que o serviço chega dentro das duas horas estabelecidas.

Para modelar a frequência foi definida a variável que estabelece o intervalo máximo de tempo entre serviços. Isso pressupõe duas coisas: i) que existe uma programação dos serviços que permite o planejamento de carga; e ii) que a disponibilidade para acessar a um serviço é limitada.

A eficiência portuária é incluída por meio das demoras de descarga. Estas demoras vêm da falta de capacidade dos portos de dar “*cupos*” ou lugar de descarga nos barcos ou depósitos. O conceito de “oportunidades de negócio” mencionadas nas entrevistas seria representado pelo conjunto de preço, frete e demoras (prazos).

A variável resposta a ser modelada pode ser tanto uma escolha discreta entre as alternativas ou a alocação de uma porcentagem de carga a cada combinação. A primeira alternativa é mais compatível com os modelos de *logit* e consiste em forçar o tomador de decisão a escolher unicamente uma alternativa.

Uma alternativa é pedir ao entrevistado alocar uma porcentagem de carga a cada combinação de modo e destino. Esse processo de escolha seria mais similar ao que é realmente utilizado pelos tomadores de decisão. Segundo Brooks e Trifts (2008) e Brooks *et al.* (2012), os tomadores de decisão de carga tendem a distribuir a carga em mais de um modo como forma de diminuir o risco total, ao invés de escolher uma única alternativa. Na hora de fazer pesquisas de PD de carga é importante tentar extrair a maior quantidade de informações por entrevistado, dados o baixo número de tomadores de decisão e a dificuldade de fazer a pesquisa (BROOKS *et al.*, 2012). Desse modo, poderiam ser explorados pequenos *trade-offs* que não teriam a influência suficiente no resultado para modificar completamente a escolha, mas que têm a capacidade de alterar a porcentagem de alocação dos modos.

Decidiu-se como variável resposta a porcentagem alocada a cada par modo destino. Esse método permite extrair mais informações aos entrevistados sobre o processo de tomada de decisão. Além disso, é possível, a partir de algumas



simplificações, passar para uma decisão discreta, algo impossível se fossem feitas as pesquisas solicitando a escolha discreta diretamente ao entrevistado.

## 5.2 PROJETO DE EXPERIMENTOS

Para realizar um Projeto Fatorial Completo (PFC) de sete variáveis de dois níveis com um único respondente seriam necessárias 128 ( $2^7$ ) situações de escolha, o que não resultaria um experimento possível de ser realizado. Nesse caso, pode-se fracionar em 8 o experimento para ficar com 16 cenários. Adicionalmente, o experimento foi bloqueado em 2 respondentes para evitar a fadiga nos entrevistados (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Para aumentar a quantidade de informação obtida por respondente e testar se existir algum efeito quadrático ou proporcionar melhor ajuste ao pressuposto de linearidade foi incluído um ponto central.

Na Tabela 3 apresentam-se codificados os questionários apresentados, já aleatorizados. Cada bloco foi apresentado a um respondente diferente. Somente se consegue um questionário completo se os dois blocos são respondidos. Na Tabela 4 mostram-se como os valores são gerados a partir da codificação da Tabela 3.

**Tabela 3.**Codificação dos níveis das variáveis

<b>Ficha</b>	<b>Bloco</b>	<b>Frete Largo</b>	<b>Preço Pizarra</b>	<b>Tempo</b>	<b>Perdas</b>	<b>Confiabilidade</b>	<b>Frequência</b>	<b>Demora no porto</b>
1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1
2	1	-1	1	1	1	-1	1	-1
3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
5	1	-1	-1	1	-1	1	1	1
6	1	1	1	-1	-1	-1	1	1
7	1	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	-1	-1	1	1	1	-1
9	1	1	1	1	-1	1	-1	-1
1	2	1	-1	1	-1	-1	1	-1
2	2	1	-1	-1	-1	1	-1	1
3	2	-1	1	-1	-1	1	1	-1
4	2	-1	-1	1	1	1	-1	-1
5	2	1	1	1	1	1	1	1
6	2	0	0	0	0	0	0	0
7	2	1	1	-1	1	-1	-1	-1
8	2	-1	-1	-1	1	-1	1	1
9	2	-1	1	1	-1	-1	-1	1

**Tabela 4.** Definição dos valores dos atributos

	Variável	Nível codificado	Trem	Caminhão	QQN	BHB
<b>\$ t/km</b>	Frete	-1	40%	1		
	Frete	0	50%	1		
	Frete	1	60%	1		
<b>km/h</b>	Tempo	-1	50%	1		
	Tempo	0	65%	1		
	Tempo	1	80%	1		
<b>% de vezes que chega a tempo</b>	Confiabilidade	-1	90%	75%		
	Confiabilidade	0	80%	80%		
	Confiabilidade	1	75%	90%		
<b>% de garantia</b>	Perdidas	-1	300	150	Kg por caminhão	
	Perdidas	0	150	150		
	Perdidas	1	-	150		
<b>Días</b>	Envios semanais	-1	20	0,50		
	Envios semanais	0	15	0,50		
	Envios semanais	1	10	0,50		
<b>% precio BHB</b>	<i>Precio Pizarra</i>	-1			0,85	1
	<i>Precio Pizarra</i>	0			0,925	1
	<i>Precio Pizarra</i>	1			1	1
<b>Días</b>	Demora no porto	-1			3	1
	Demora no porto	0			1	1
	Demora no porto	1			1	3

O custo do frete de caminhão é calculado a partir da tabela oficial da união dos motoristas (ATCAdE, 2014) em função da distância percorrida entre a cidade do entrevistado e os dois portos. Da tabela extrai-se que os preços podem ser estimados utilizando a equação 8, com um ajuste de 0,999 para distâncias maiores a 50 km.

$$\text{Frete}_c(D) = 57,58 + 0,735 * D \quad (8)$$

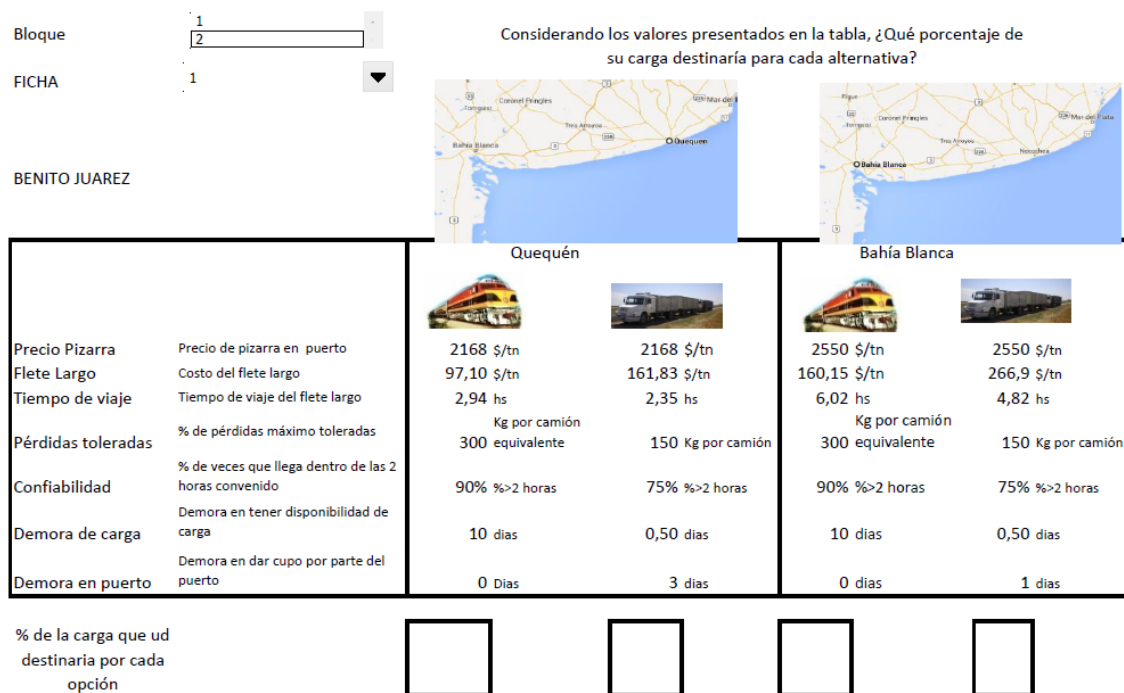
O tempo de viagem para a rodovia é estimado com uma velocidade média de 60 km/h. Para o transporte por ferrovia, no entanto, é calculado como uma proporção dos valores do caminhão, sendo entre 40% e 60% para o preço e de 50% e 80% a mais para o tempo de viagem.

Para os valores de confiabilidade, foram definidos 3 níveis (90%, 80% e 75%) de vezes que os serviços chegam dentro das duas horas combinadas. O valor de “1” da codificação representa uma confiabilidade de 90% para o caminhão e de 75% para a ferrovia e o valor de “-1” é a inversa. O valor de “0” tem para os dois modais uma confiabilidade idêntica de 80%.

Tanto para as perdas toleradas como para a frequência de serviços foram tomados um valor fixo para o caminhão e somente varia o da ferrovia. Isto foi feito porque foi considerado irreal que variassem além dos valores atualmente oferecidos pelo modo rodoviário. As perdas do caminhão foram definidas em 150 kg por caminhão de 28 t e para a ferrovia como 0 kg por caminhão para o nível baixo, 300 kg por caminhão para o nível alto e 150 kg para o nível neutro. A unidade de kg/caminhão é a quantidade de perda tolerada por cada caminhão enviado à ferrovia. Foi utilizada com o objetivo de brindar uma medida mais tangível para os tomadores de decisão que não estão familiarizados com valores da ferrovia e para facilitar a comparação entre os modos. Já para a frequência, o caminhão foi considerado quase instantâneo (meio dia) e o trem com demoras de 20, 15 e 10 dias.

Embora o preço normalmente seja um reflexo das cotações internacionais, muitas vezes existem penalizações adicionais para o porto de QQN em função de ineficiências do porto. Para modelar estas diferenças de cotações foi adotada a cotação do dia 13/05/2014 do porto de BHB que foi de 2550 AR\$/t (BOLSA DE COMERCIO Y PRODUCTOS DE BAHIA BLANCA, 2014). Adotaram-se para o porto de QQN cotações iguais, 7,75% e 15% menores para os diferentes níveis. O valor mínimo foi adotado pelas variações observadas em anos anteriores (GALVÁN *et al.*, 2006).

Para as demoras no porto foram utilizadas 3 dias para QQN e 1 para BHB para o nível “-1”, 1 dia para QQN e 3 para BHB para o nível “1” e para o nível “0”, os dois portos com demoras de 1 dia. A Figura 7 mostra um exemplo de ficha apresentada durante a pesquisa.



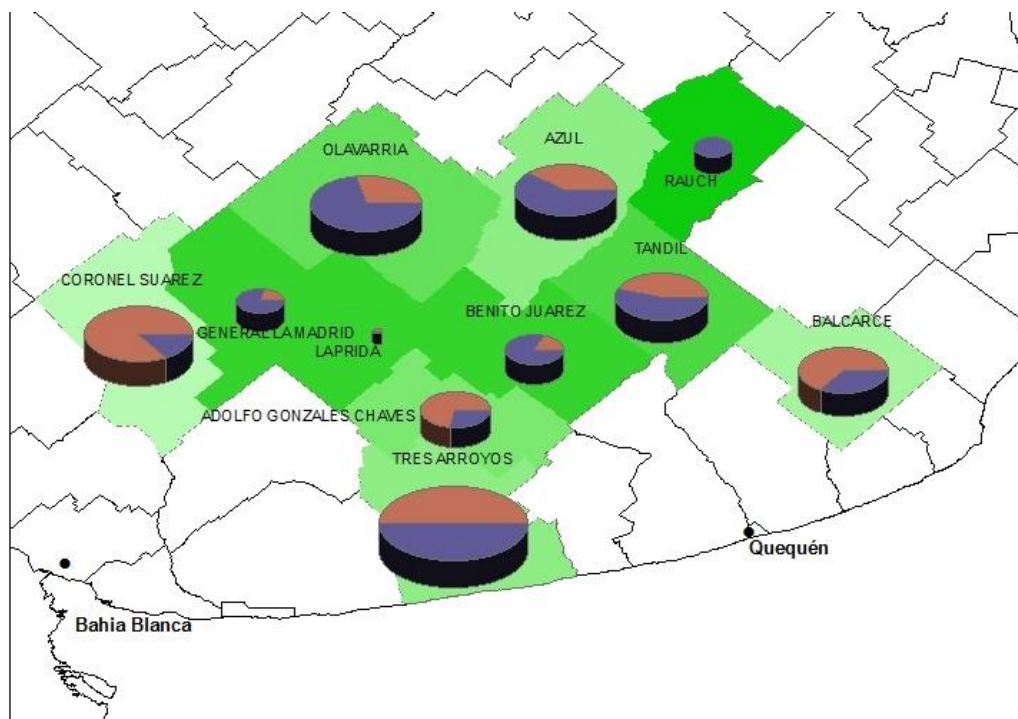
**Figura 7.**Exemplo de ficha utilizada na pesquisa  
 Fonte: elaboração própria

A partir das variáveis descritas anteriormente, foram definidos o *Precio Tranquera* e a Demora Total. O *Precio Tranquera* é o preço que o produtor efetivamente recebe e é calculado como o *precio pizarra* menos o custo do frete. A Demora Total é o resultado de somar a frequência e a demora nos portos.

### 5.3 COLETA DE DADOS

O trabalho de campo presencial foi feito nos municípios de Azul, Balcarce, Benito Juarez, Coronel Suarez, General La Madrid, Gonzales Chaves, Laprida, Olavarria, Rauch, Tandil e TresArroyos. Na Figura 8 ilustra-se a porcentagem de capacidade de armazenamento pesquisada e a porcentagem dos consolidadores pesquisados. A fonte utilizada (ARGENTINA, 2006 a; ARGENTINA, 2006 b; ARGENTINA, 2006 c; ARGENTINA, 2006 d; ARGENTINA, 2006 e; ARGENTINA, 2006 f; ARGENTINA, 2006 g; ARGENTINA, 2006 h; ARGENTINA, 2006 i; ARGENTINA, 2006 j; ARGENTINA, 2006 k) pode estar superestimado a quantidade de consolidadores presentes porque na última década houve dando um processo de concentração do setor (REGUNAGA, 2010). Os gráficos circulares representam a porção da capacidade total de armazenamento que foi pesquisada, sendo o tamanho um indicador da capacidade

total da localidade. Por outro lado, os departamentos foram pintados com as porcentagens de consolidadores entrevistados, sendo as mais escuras as que mais porcentagem possuem.



**Figura 8.**Localização da amostra

Fonte: Elaboração própria em base ao trabalho de campo e a: ARGENTINA, 2006 a; ARGENTINA, 2006 b; ARGENTINA, 2006 c; ARGENTINA, 2006 d; ARGENTINA, 2006 e; ARGENTINA, 2006 f; ARGENTINA, 2006 g; ARGENTINA, 2006 h; ARGENTINA, 2006 i; ARGENTINA, 2006 j; ARGENTINA, 2006 k; ARGENTINA, 2013 c.

Percebe-se que foram entrevistados grande parte dos consolidadores. Nas zonas onde a porcentagem não foi tão alta, os entrevistados eram os mais representativos em volume. O menor valor de amostra foi de 15% da capacidade instalada para Coronel Suárez.

A Tabela 5 mostra como foi composta a amostra em função do tipo de negócio do entrevistado. Nessa tabela discriminam-se os resultados por zona, ilustrando que a distribuição geográfica dos diferentes entrevistados é relativamente homogênea. A grande maioria dos entrevistados são consolidadores em sociedade anônima, sendo 56% do total unicamente consolidadores e mais 9% de consolidadores que têm como atividade secundária a produção de grãos. As cooperativas agrícolas representam 25% do total dos entrevistados, sendo um entrevistado também produtor. Os 10% restantes

referem-se a um produtor que trabalha com cooperativa para escoar a safra. Respeito ao tamanho da empresa dos entrevistados, 16% tinham um volume anual entre 1.000 e 10.000 toneladas, 44% movimentavam entre 10.000 e 100.000 toneladas anuais e os 40% restantes mais de 100.000 t. Dos entrevistados, 50% tinham pelo menos algum caminhão próprio e 34% da amostra tinha acesso a uma via férrea.

**Tabela 5.**Caracterização da amostra

Localidade	Tipo					Volume			Caminhões próprios		Possuidor viário	
	Produtor com <i>broker</i>	Consolidador (SA)	Cooperativa	Produtor e consolidador (SA)	Produtor e cooperativa	Entre 1.000 e 10.000	Entre 10.000 e 100.000	Mais de 100.000	Sim	Não	Sim	Não
Azul	1	2		1		2		2	4		2	2
Balcarce		2					1	1	2			2
Benito Juarez		2				1		1	1	1		2
Coronel Suarez		2					2			2	1	1
General La Madrid	1	1					2			2	1	1
Gonzales Chaves		2					2		2			2
Laprida	1	1		1		2	1		1	2		3
Olavarria		1	2		1		3	1	2	2	2	2
Rauch			1					1	1			1
Tandil		4	2				1	5	1	5	4	2
Tres Arroyos		1	2	1			2	2	2	2	1	3

## 5.4 SÍNTESE

A revisão das variáveis presentes nos estudos de modo e de porto evidenciou que, além do custo e do tempo, variáveis como confiabilidade e frequência são importantes nos modelos. Para os modelos de escolha portuária destacam-se variáveis do tipo da eficiência, custo e serviço. No final, os atributos incluídos foram: preço no porto, custo do frete, tempo de viagem, perdas toleradas, confiabilidade do serviço, demoras nos portos e frequência do serviço.

Os atributos foram definidos em dois níveis com um ponto central para testar a linearidade. O projeto teve que ser fracionado e bloqueado para obter 2 blocos de 9 cenários cada um.

Foram realizadas 16 experimentos completos em 32 entrevistas nas localidades entre os portos de BHB e QQN. Entrevistaram-se diferentes tipos de consolidadores e em grande parte dos departamentos foi incluído a maior parte da capacidade de armazenagem.



## 6 MODELAGEM E ANÁLISE

Após a coleta dos dados, é preciso fazer o tratamento para depois modelá-los. Para testar se a escolha é feita simultaneamente ou sequencialmente foram testados os modelos MNL e NL.

Uma vez obtido o modelo é necessário analisar os parâmetros obtidos para entender como os consolidadores tomam as decisões. Cada variável incluída no modelo tem efeitos diferentes na probabilidade de escolha de cada alternativa, não só pela importância relativa (relação entre as magnitudes), mas também pelo que cada variável representa na realidade.

A zona de estudo, como foi exposto no capítulo 2, tem volumes de carga heterogêneos e, portanto, influências diferentes para os *market shares*. O modelo permite avaliar o impacto das políticas de preço e como afetam as competitividades. Com algumas suposições, pode-se avaliar o impacto das políticas no gasto total de transporte e nos *market shares* para o caso da ferrovia a QQN.

### 6.1 ESTIMAÇÃO DO MODELO

A partir da base de dados gerada a partir da pesquisa de PD foram estimados os modelos. Por serem modelos de escolha discreta, é necessário ajustar a variável resposta

para passar de contínua a discreta. Numa primeira etapa foram alocadas as escolhas para a opção que tivesse a maior porcentagem. Nos em casos que houvesse empate, foi escolhida a opção que não foi escolhida na ficha anterior. Por exemplo, no caso das escolhas 0%; 60%; 20%; 20% e depois 0%; 50%; 50%; 0%, as escolhas seriam a número dois para a primeira e a número três para a segunda.

Para testar a hipótese da modelagem conjunta, foram estimados modelos do tipo MNL e NL. A estimação dos modelos de escolha discreta foi feita com a utilização do software BIOGEME (BIERLAIRE, 2003).

O comportamento dos consolidadores de carga foi inicialmente modelado a partir de uma função utilidade genérica apresentada a seguir:

$$U_i = \alpha_i + \beta_F * F_i + \beta_T * T_i + \beta_C * C_i + \beta_D * D_i + \beta_P * P_i + \beta_{Pe} * Pe_i + \beta_{De} * De_i \quad (9)$$

Onde:

$U_i$ : Utilidade da alternativa  $i$

$\alpha_i$ : Constante de modo da alternativa  $i$

$\beta_F$ : Coeficiente do frete

$F_i$ : Valor do frete da alternativa  $i$

$\beta_T$ : Coeficiente do Tempo de viagem

$T_i$ : Tempo de viagem da alternativa  $i$

$\beta_C$ : Coeficiente da confiabilidade

$C_i$ : Confiabilidade da alternativa  $i$

$\beta_D$ : Coeficiente da frequência

$D_i$ : Frequência da alternativa  $i$

$\beta_P$ : Coeficiente do Preço FAS

$P_i$ : Preço FAS disponível para a alternativa  $i$

$\beta_{Pe}$ : Coeficiente das perdas

$Pe_i$ : Perdas da alternativa  $i$

$\beta_{De}$ : Coeficiente da demora no porto

$De_i$ : Demora no porto para a alternativa  $i$

As variáveis presentes na equação foram testadas nos modelos, mas nem todas resultaram significativas para os tomadores de decisão. Em todos os modelos foi tomado como referência a constante de modo do Trem a Quequén (Cte\_T\_Q). O critério de inclusão das variáveis explicativas foi que o estatístico t fosse maior do que 1,96, implicando que aquela variável é significativa com confiança de 95%. O critério geral para a escolha do melhor modelo foi o que tivesse maior verossimilhança, isto é, o maior  $\rho^2$ .

### 6.1.1 Modelo *Multinomial Logit* (MNL)

Os primeiros modelos estimados tinham todas as variáveis incluídas nos questionários de PD e foram sendo retiradas as que possuíam menor significância. Alternativamente foram testadas as variáveis derivadas apresentadas no capítulo anterior. Essas variáveis foram incluídas tendo cuidado de excluir as que foram usadas na sua geração para evitar correlatividades entre elas. Na Tabela 6 apresentam-se os modelos que tiveram as variáveis significativas, mostrando entre parêntesis o valor do estatístico t.

**Tabela 6.** Modelos MNL

Modelo	1	2	3	4
Cte_C_B	-0,136 (-0,29)	-0,879 (-1,45)	-0,455 (-0,90)	-1,2 (-1,87)
Cte_C_Q	-0,265 (-0,61)	-0,85 (-1,62)	-0,591 (-1,23)	-1,18 (-2,08)
Cte_T_B	-0,423 (-1,60)	-0,366 (-1,34)	-0,425 (-1,61)	-0,368 (-1,35)
Demora	-0,109 (-4,06)	-1,04 (-3,98)		
Frequência			-0,117 (-4,29)	-0,113 (-4,21)
Preço Tranqueira	0,0155 (8,96)		0,0155 (8,95)	
Preço pizarra		0,0173 (7,86)		0,0173 (7,85)
Frete		-0,00886 (-2,34)		-0,00881 (-2,32)
Distância	-0,005 (-2,65)	-0,00953 (-3,04)	-0,00504 (-2,65)	-0,00954 (3,05)
$\rho^2$ ajustado	<b>0,324</b>	<b>0,326</b>	<b>0,326</b>	<b>0,329</b>

Os 4 modelos apresentados tem um bom desempenho ( $\rho^2$  entre 0,324 e 0,329), com todas as variáveis explicativas representativas e com o sinal esperado. A diferença entre eles está em como foram expressadas a frequência e as variáveis monetárias. Nos modelos 1 e 2 foi utilizada a “Demora total”, que é a soma entre a frequência dos

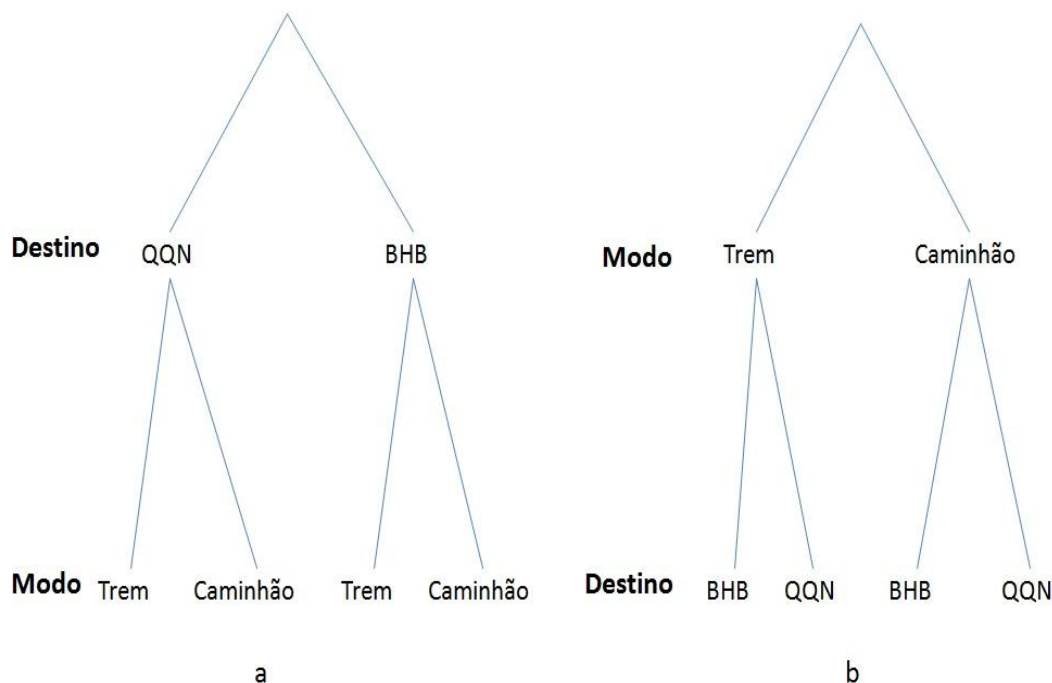
serviços de transportes e a demora em ser atendido no porto. Já nos modelos 3 e 4 esse fator foi substituído pela frequência do serviço.

Alternativamente, os modelos 1 e 3 apresentam o lucro líquido (“preço tranqueira”) e os modelos 2 e 4 diferenciam o preço e o frete. Dessa maneira, podem-se avaliar diferenças na percepção das receitas e dos custos.

O modelo 4 foi o escolhido dado que apresentou um  $\rho^2$  de 0,329, que é considerado como um ajuste bom (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011). As variáveis inclusas foram a Frequência, o Preço, o Frete e a Distância ao porto, todos com o sinal esperado.

### 6.1.2 Modelo *Nested Logit* (NL)

Os quatro modelos MNL avaliados anteriormente foram testados na presença de uma decisão aninhada. Foram feitos dois tipos de NL, apresentados na Figura 9:



**Figura 9.** Modelos de NL testados  
Fonte: elaboração própria

Os modelos “a” supõem que primeiro são avaliados os destinos (porto de Quequén ou de Bahia Blanca) e depois o modo. Nesses modelos, o parâmetro  $\lambda$ , que determina a significância dos ninhos, não foi significativamente distinto a 1 em nenhum dos casos.

Para os modelos “b”, onde primeiro escolhe-se o modo e depois o destino, apresentam-se os resultados na Tabela 7. Encontraram-se ajustes similares aos do MNL, com  $\rho^2$  entre 0,325 e 0,328. Apesar disso, no modelo número 3, o de melhor desempenho e de significância das variáveis, o fator  $\lambda$  dos ninhos é diferente de 1 com uma confiança de 87%. O valor do estatístico t figura entre parêntesis. No caso particular de  $\lambda$ , o estatístico t mostra a significância respeito a 1.

**Tabela 7.** Modelos NL

<b>Modelo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Cte_C_B</b>	-0,461 (-0,99)	-0,885 (-1.49)	-0,792 (-1.55)	-1,21 (-1.92)
<b>Cte_C_Q</b>	-0,597 (-1.30)	-0,894 (-1.71)	-0,933 (-1.85)	-1,23 (-2.18)
<b>Cte_T_B</b>	-0,388 (-1.86)	-0,377 (1.63)	-0,389 (-1.87)	-0,379 (-1.64)
<b>Demora</b>	-0,106 (-4.01)	-0,104 (-3.97)		
<b>Frequência</b>			-0,115 (-4.25)	-0,113 (-4.21)
<b>Preço Tranqueira</b>	0,013 (6.41)		0,013 (6.38)	
<b>Preço pizarra</b>		0,0149 (5.24)		0,0148 (5.22)
<b>Frete</b>		-0,00925 (-2.47)		-0,0092 (-2.45)
<b>Distância</b>	-0,00402 (-2.52)	-0,0072 (-2.13)	-0,004 (-2.52)	-0,00714 (-2.12)
<b>Lambda</b>	1,48 (1.51)	1,29 (0.94)	1,48 (1.53)	1,3 (0.96)
<b><math>\rho^2</math>ajustado</b>	<b>0,326</b>	<b>0,325</b>	<b>0,328</b>	<b>0,328</b>

### 6.1.3 Modelo Escolhido

O modelo escolhido foi o MNL, dado que o NL não foi estatisticamente diferente do MNL. Além de ter um bom ajuste (alto  $\rho^2$ ), é um modelo mais simples do que o NL, o que é uma característica importante na escolha do melhor modelo (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011). Dentro dos MNL, foi escolhido o modelo 4, que tinha maior  $\rho^2$  e maior significância das variáveis. O modelo é definido pela equação 10.

$$P(A_i) = \frac{e^{U_i}}{\sum_{i=1}^4 e^{U_i}} \quad (10)$$

$$U_1 = -0,113 * De_T + 0,0173 * P_{QQN} - 0,00881 * F_{TQ} - 0,00954 * D_{QQN}$$

$$U_2 = -1,18 - 0,113 * De_C + 0,0173 * P_{QQN} - 0,00881 * F_{CQ} - 0,00954 * D_{QQN}$$

$$U_3 = -0,368 - 0,113 * De_T + 0,0173 * P_{BHB} - 0,00881 * F_{TB} - 0,00954 * D_{BHB}$$

$$U_4 = -1,20 - 0,113 * De_C + 0,0173 * P_{BHB} - 0,00881 * F_{CB} - 0,00954 * D_{BHB}$$

Onde:

A<sub>1</sub>: Ferrovia a QQN;

A<sub>2</sub>: Caminhão a QQN;

A<sub>3</sub>: Ferrovia a BHB;

A<sub>4</sub>: Caminhão a BHB;

De<sub>T</sub>: Frequência da Ferrovia

De<sub>C</sub>: Frequência do Caminhão

P<sub>QQN</sub>: Preço FAS em Quequén

P<sub>BHB</sub>: Preço FAS em Bahia Blanca

F<sub>TQ</sub>: Frete de ferrovia a Quequén

F<sub>CQ</sub>: Frete de caminhão a Quequén

F<sub>TB</sub>: Frete de ferrovia a Bahia Blanca

F<sub>CB</sub>: Frete de caminhão a Bahia Blanca

D<sub>QQN</sub>: Distância a Quequén

D<sub>BHB</sub>: Distância a Bahia Blanca

## 6.2 ANÁLISE DO MODELO

O modelo exposto na equação 10 nos permite avaliar as preferências dos consolidadores na hora de escolher modo e destino da sua carga. A partir dele, pode-se aprofundar o processo de tomada de decisão e os fatores que o influenciam.

### 6.2.1 Parâmetros

O modelo que melhora ajusta aos dados é o que considera as 4 alternativas separadamente. É uma propriedade dos modelos MNL que as alternativas sejam independentes. Isso é reforçado pela falta de significância do fator  $\lambda$  nos modelos NL. Pode-se interpretar isso como a escolha sendo feita em conjunto entre o modo e destino, e não sequencialmente, como nos modelos 4 etapas clássicos.

As variáveis explicativas consistem em duas que compõem o lucro, uma que tem a ver com a localização geográfica e uma que é função do nível de serviço. O fator que multiplica o frete é de -0,00881 e o que afeta ao preço FAS é de 0,0173, o que representa quase o dobro de valor. Isso significa que, na percepção do tomador de decisão, uma variação de 1\$ na cotação afeta mais do que uma variação de 1\$ no custo na função utilidade dado que elatem elementos que vão além do cálculo do lucro líquido.

A inclusão da variável frequência era esperada porque cada vez resulta mais importante a avaliação de fatores relativos ao nível de serviço nos modelos de transporte de carga, como foi exposto na seção 5. Das entrevistas feitas conclui-se que este fator está muito ligado com a data de pagamento ao consolidador. Isso se deve ao fato de que, quanto maior for o espaçamento entre serviços, mais tempo o consolidador terá que esperar para receber o dinheiro. Dependendo das necessidades de fluxo de caixa, isso pode causar problemas financeiros.

O valor de -0,113 u/(dia\*t) implica que quanto maior o espaçamento entre serviços, menor é a sua utilidade. A disposição a pagar do tomador de decisão, ou seja, quanto o mesmo está disposto a pagar por cada dia de redução deste espaçamento é de 12,83\$/t. Este valor é calculado como o quociente entre o coeficiente do frete e o coeficiente da frequência. Para tomar como referência, o decisor está disposto a pagar 359\$/dia pela entrega de um caminhão de 28 t.

Apesar de estar incluído na maior parte dos modelos de transporte, o tempo não foi uma variável significativa. Isso pode ter sido causado pela diferença na ordem de magnitude frente a frequência. Enquanto o tempo máximo de viagem ronda pelas 12

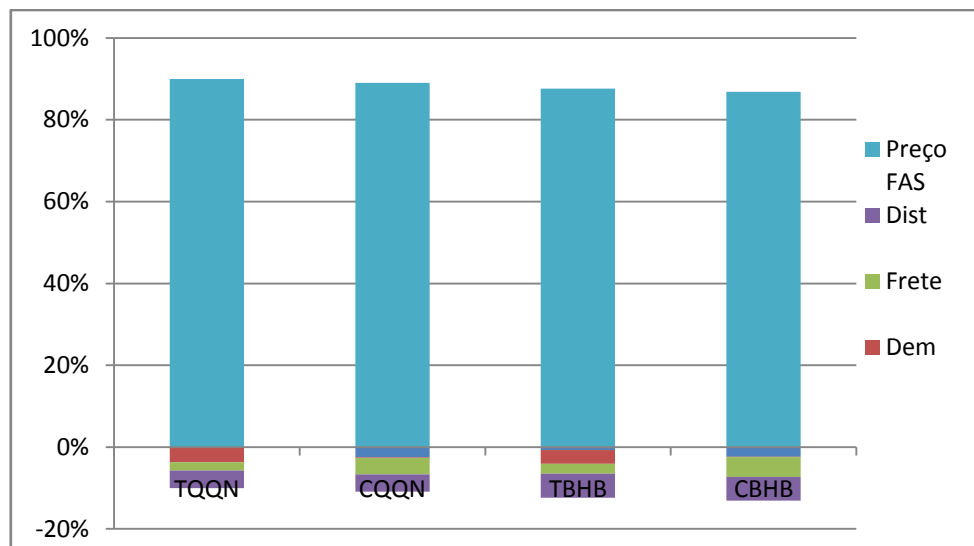
horas, a frequência está na faixa dos 10 a 20 dias. O mesmo pode ter acontecido para a variável confiabilidade, que foi definida como a porcentagem de serviços que chegam dentro das duas horas planejadas.

O modelo está estimado tomando como referência a ferrovia com destino a QQN e, portanto, todas as constantes específicas das alternativas estão referidas a esse par modo e destino. Se fossem comparados o caminhão e o trem a QQN, será observado que este último tem uma maior constante de modo, 1,18 unidades de utilidade a mais. Isso significa que se aceita pagar até 134\$/t a mais para ser enviado por ferrovia do que por caminhão para o porto de QQN. Isso representa 5,2% da cotação da soja no momento da pesquisa para QQN e 3,6% para BHB. Uma possível causa para isso é que, segundo foi extraído nas entrevistas, a ferrovia traz menos problemas na gestão das pessoas e a concentração da carga em uma menor quantidade de envios facilita a gestão de materiais.

Analisando-se a constante dos portos a magnitude é muito menor, representando 1% do preço de venda. Essa diferença pode ser atribuída a diferenças operativas dos portos que não estejam refletidas no preço FAS.

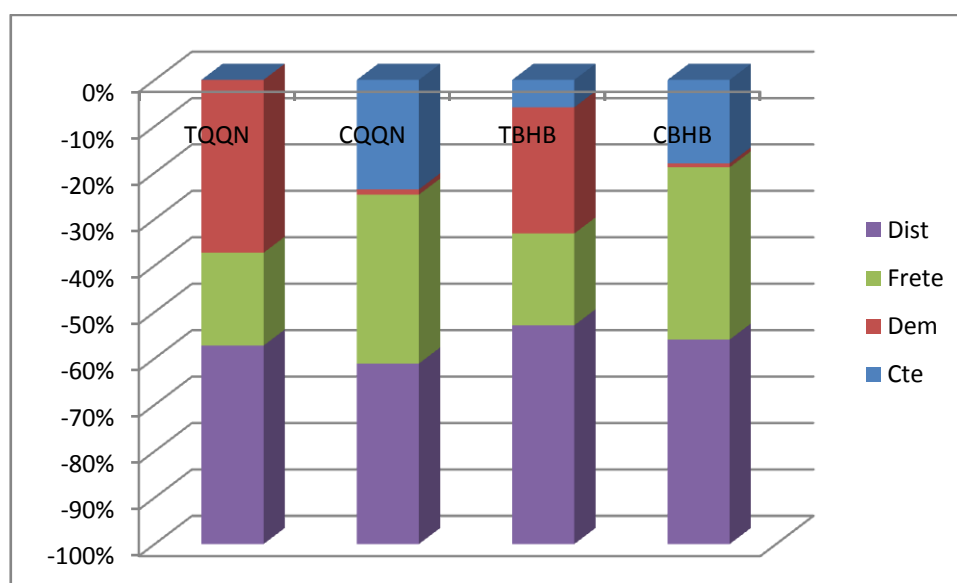
A Figura 10 ilustra a composição da função utilidade para o valor médio da base de dados. Pode-se ver a importância do preço de venda na escolha da alternativa, representando mais de 80% em todos os casos. Diferentemente de grande parte dos modelos de transporte o modelo apresentado inclui um termo que modela o motivo da viagem, que seria o preço de venda.





**Figura 10.** Composição da função Utilidade  
Fonte: elaboração própria

Para analisar as composições da “desutilidade” de cada modo apresenta-se a Figura 11, onde se podem ver as distinções específicas das alternativas. Segundo o modo a estrutura da função utilidade muda. As demoras influem fortemente na ferrovia, aproximadamente 40%. Mas o valor do frete não é tão importante, representando 20%. Já para os modos rodoviários as demoras não são relevantes, mas sim as constantes de modo (entre 20% e 30%, aproximadamente). O valor do frete, neste último caso, também é significativo, pois representa 40% do valor. Para todos os casos a distância aos portos é um fator de peso, representando 40% do total, aproximadamente.



**Figura 11.** Composição da desutilidade  
Fonte: elaboração própria

## 6.2.2 Elasticidades

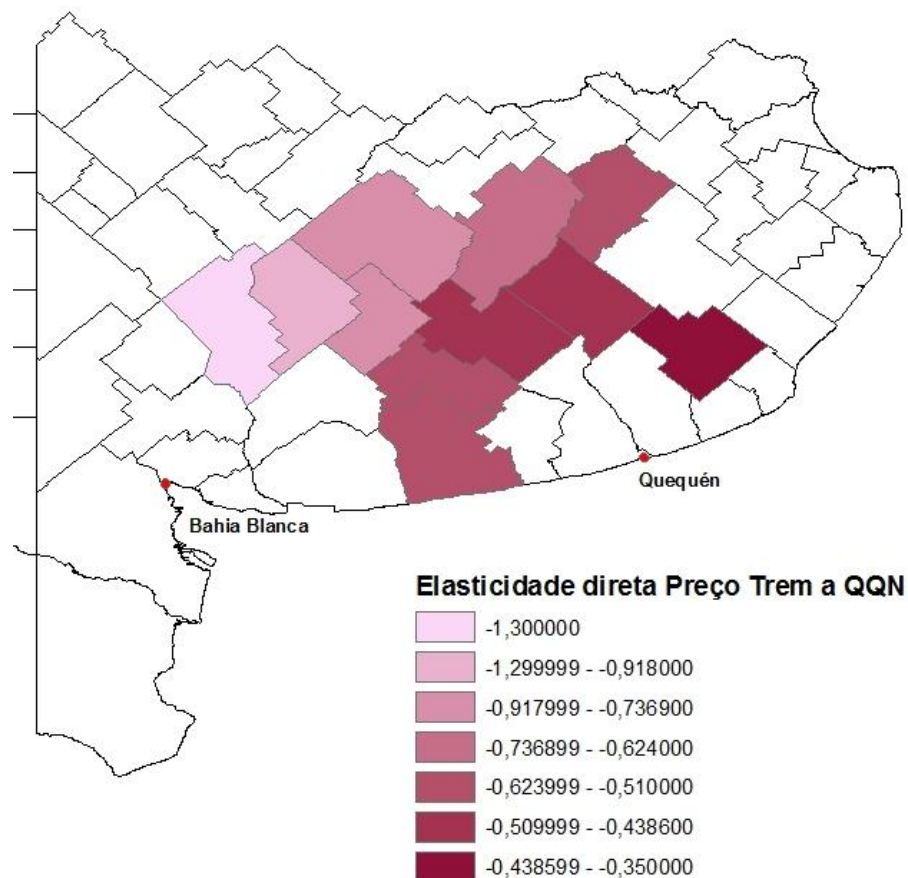
O cálculo da elasticidade agregada respeito ao valor do frete foi feito para a base de dados utilizada para a formulação do modelo por meio do método de enumeração amostral (BENAKIVA E LERMAN, 1993). Foram estimadas as elasticidades diretas e cruzadas do preço de cada uma das quatro alternativas, resumidas na Tabela 8. O modelo MNL tem a particularidade de que a elasticidade cruzada é igual para todas as alternativas.

**Tabela 8.** Elasticidades preço das alternativas

	Trem QQN	Trem BHB	Caminhão QQN	Caminhão BHB
TQ	-0,72	0,19	0,19	0,19
TB	0,44	-0,80	0,44	0,44
CQ	0,38	0,38	-1,44	0,38
CB	0,60	0,60	0,60	-1,87

Os valores mais elásticos em relação ao preço foram dos caminhões, sendo -1,44 e -1,87 para o destino QQN e BHB, respectivamente. A ferrovia, por outro lado, é relativamente inelástica para os dois destinos, com valores de -0,72 e -0,80 para destino QQN e BHB. Isso pode ser causado porque, como ilustra a Figura 11, a importância relativa do valor do frete na desutilidade é menor para a ferrovia do que para a rodovia. Já as elasticidades cruzadas para o frete foram inelásticas em todos os casos, mas sendo menores para o destino QQN.

Como os valores da elasticidade dependem do valor que a variável tiver, ela varia conforme a locação geográfica para o caso do modelo apresentado. A Figura 12 ilustra as diferenças para a elasticidade direta do valor do frete do trem a QQN. Pode-se ver que, quanto mais perto do porto, menor o valor absoluto da elasticidade, devido ao fato de que as alternativas do outro porto perdem competitividade.



**Figura 12.**Elasticidades na zona de estudo  
 Fonte: Elaboração própria em base a ARGENTINA, 2013 c

### 6.2.3 Distâncias Competitivas

A utilidade das alternativas apresentadas depende da distância em dois sentidos. O primeiro é que a distância é um termo da função utilidade, muito comum nos modelos de escolha de portos. O segundo é que ela está embutida no valor do frete (quanto maior são as distâncias, maior é o valor do frete), como mostra a equação 8 da seção 5 do cálculo da tarifa do caminhão. Pode-se, então, analisar em que distâncias duas alternativas possuem a mesma utilidade. Estas distâncias são chamadas de distancias de indiferença ou de iso-utilidade, dado que, ao longo dessa linha, cada alternativa resulta igualmente atraente.

A partir da propriedade dos modelos MNL de IIA podem-se analisar as funções de utilidade de forma pareada para identificar os lugares de iso-utilidade. Por exemplo,

pode-se analisar quando a ferrovia começa a ser mais atraente do que a rodovia, ou como se dá a divisão de *hinterland* entre os dois portos. Para alcançar ditos valores devem se igualar as funções utilidade a comparar.

A Tabela 9 mostra as distâncias de iso-utilidade para a ferrovia e rodovia para diferentes combinações de preço e frequências. Estão separados os portos de QQN e BHB porque, devido às constantes de modo, as distâncias de indiferença são diferentes.

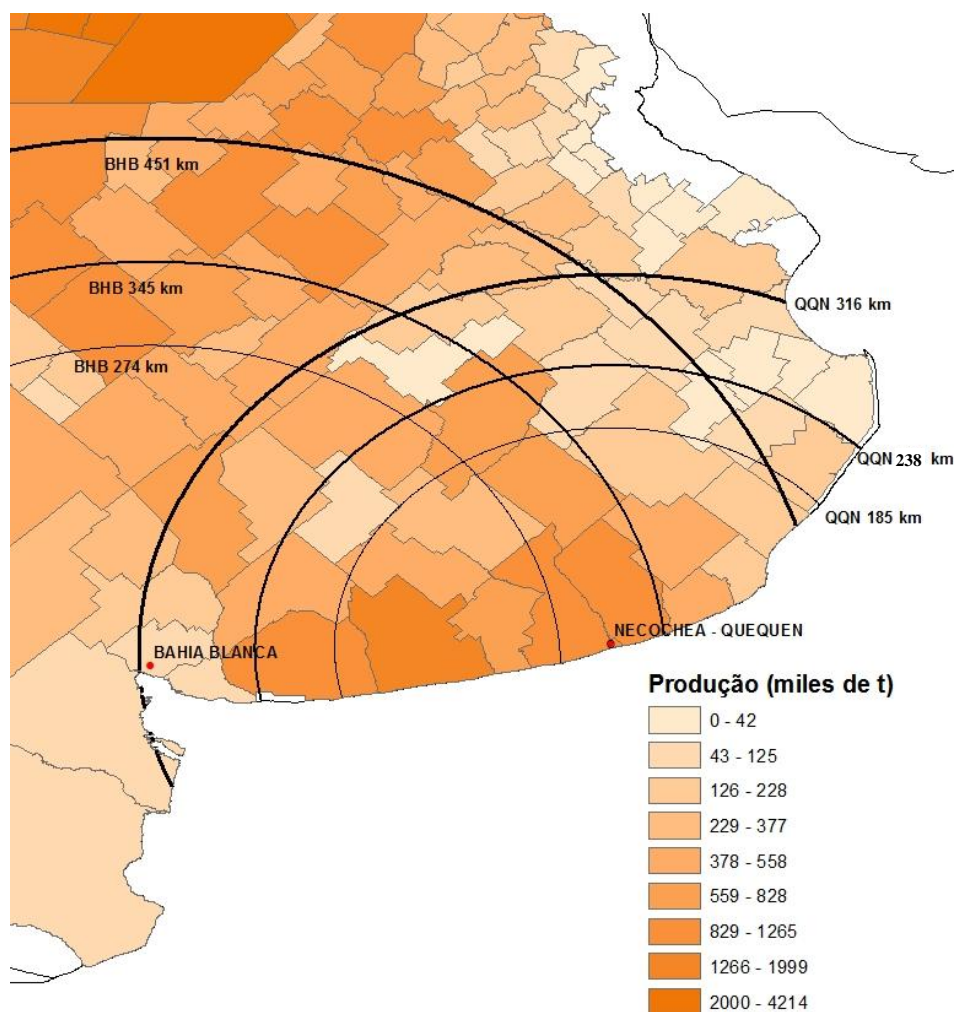
**Tabela 9.**Distâncias de Iso-utilidade da rodovia e ferrovia

% $F_T/F_C$	Quequén			Bahia Blanca		
	Freq=20	Freq=15	Freq=10	Freq=20	Freq=15	Freq=10
<b>40%</b>	185 km	40 km	-----	274 km	129 km	-----
<b>50%</b>	238 km	63 km	-----	345 km	170 km	-----
<b>60%</b>	316 km	99 km	-----	451 km	233 km	11 km
<b>80%</b>	711 km	275 km	-----	980 km	544 km	108 km

Para tarifas da ferrovia 40% menores do que a rodovia, aproximadamente o que se verifica no mercado (CNRT, 2015), observa-se que para o porto de QQN a distância de iso-utilidade encontra-se a 99 km para uma frequência de 15 dias e a 316 para 20 dias. Para BHB estas distâncias foram de 233 km e 451 km, respectivamente. Esses valores são consistentes com os valores apresentados para justificar a baixa incidência da ferrovia na divisão modal do transporte de grãos (SCHNEPF *et al.*, 2001).

Pode se observar na tabela 9 que com frequências de 10 dias a rodovia é dominada em todos os casos. Isso é porque a baixa diferença de demoras não chega a compensar as constantes de modo.

Devido às constantes presentes nos modelos precisa-se de mais distância para que a ferrovia seja igualmente útil para o porto de BHB e para QQN. Para frequências de 15 dias as distâncias são substancialmente menores que para 20 dias. Além disso, pode-se observar que as distâncias para BHB são maiores do que para QQN. Na Figura 13 ilustram-se as distâncias para cada porto com as produções de cada departamento.



**Figura 13.** Distâncias de iso-utilidade caminhão-trem

Fonte: elaboração própria com base em: ARGENTINA, 2013 c; ARGENTINA, 2014

Para analisar o *hinterland* dos portos foram feitas três cenários. Primeiro foi analisado o *hinterland* comparando as utilidades da rodovia para os dois portos, e depois avaliando o cenário para a ferrovia com dois preços diferentes. Finalmente, foram feitas as simulações para estudar a ferrovia para o porto de BHB e o caminhão a QQN. Os parâmetros analisados foram a diferença dos valores de preço FAS dos portos e como este influenciou nos *hinterlands*. A Tabela 10 mostra os resultados das duas primeiras análises, onde os valores na tabela indicam a diferença entre a distância ao porto de QQN e a distância ao porto de BHB. O valor mostra quanto mais perto de cada porto a linha de divisão de *hinterland* fica, sendo os valores positivos uma maior influência do porto de QQN.

**Tabela 10.** *Hinterlands* competitivos dos portos

	Caminhão	Trem	
		Ff/Fc =0,6	Ff/Fc =0,5
<b>100%</b>	1,2 km	1,5 km	1,6 km
<b>98%</b>	-53,8 km	-64,2 km	-67,5 km
<b>95%</b>	-136,5 km	-162,8 km	-171,1 km
<b>93%</b>	-191,0 km	-228,5 km	-240,1 km
<b>90%</b>	-274,2 km	-327,1 km	-343,7 km

Pode-se observar que, para o mesmo preço FAS, o porto é escolhido em função da menor distância. Porém, medida que a diferença de preços se perfila a favor de BHB, o *hinterland* começa a se inclinar por esse porto. Quando a diferença chega a 5% pode-se observar que para o caminhão a distância é de 136 km em favor de BHB e vai se agravando se são comparadas as ferrovias, chegando a 171 km se a tarifa ferroviária for a metade da rodoviária.

Mas, comparando-se como seria o *hinterland* dos portos se somente um deles tiver ferrovia, não seria um valor constante em função do preço FAS como no caso anterior. Também se torna dependente das distâncias absolutas, dado que a ferrovia ganha competitividade à medida que aumentam as distâncias. A Tabela 11 mostra o ponto da menor distância entre os portos, a partir da qual começam a se dividir as bacias de cada porto, e o gradiente da função, que define como se modifica a linha de iso-utilidade com o aumento das distâncias.

**Tabela 11.** *Hinterlands* competitivos quando só BHB tem ferrovia

% de preço FAS	Ff/Fc=0,6			Ff/Fc=0,5		
	dist Q	dist B	Gradiente	dist Q	dist B	Gradiente
<b>100%</b>	261 km	51 km	0,145	263 km	49 km	0,138
<b>98%</b>	269 km	42 km	0,145	271 km	40 km	0,138
<b>95%</b>	282 km	30 km	0,145	284 km	28 km	0,138
<b>93%</b>	290 km	22 km	0,145	292 km	19 km	0,138

A presença da ferrovia afeta diretamente a competitividade dos portos. Mesmo com o valor do FAS igual para os dois portos, BHB possui cinco vezes mais território do que QQN, fato só agravado com as penalizações de FAS para QQN. O custo da ferrovia afeta principalmente o gradiente da conformação da linha de iso-utilidade.

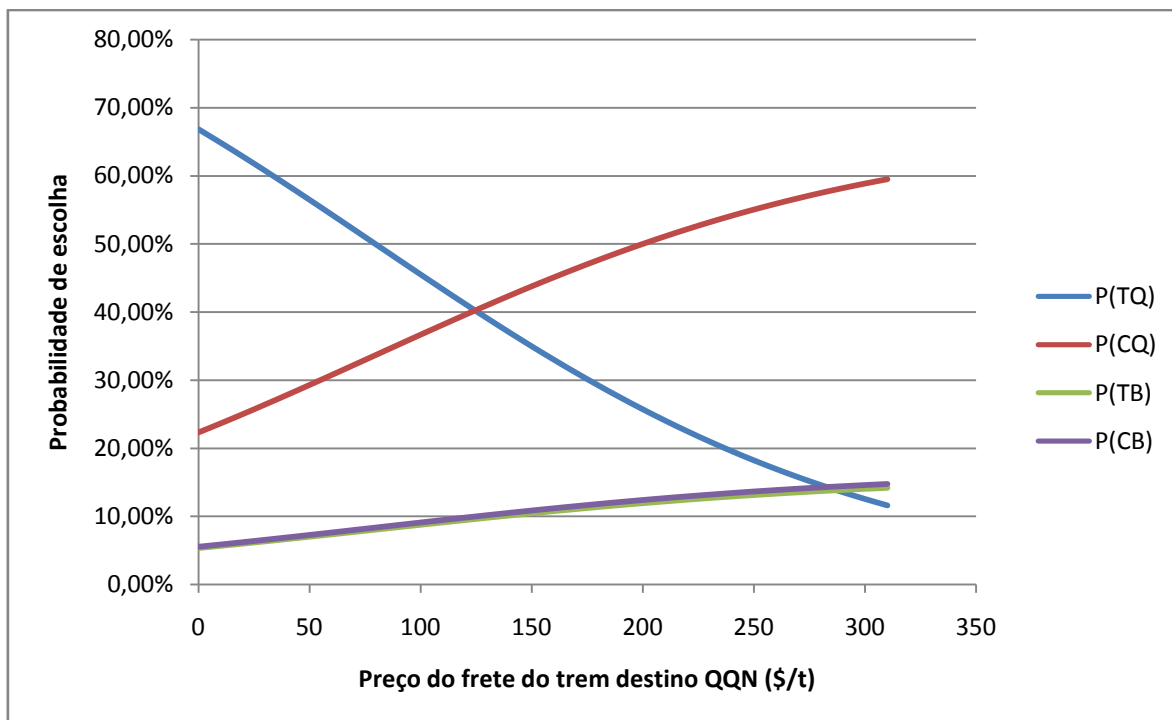
Quanto menor for a tarifa, menor é o gradiente, o que significa que a cada km a mais de distância de BHB a quantidade de km ganhos para QQN é proporcionalmente menor.

#### 6.2.4 Curvas de Demanda

A partir do modelo criado para representar a escolha modal, podem-se estimar curvas de demanda em função dos diferentes parâmetros. Dado que há valores que variam em função das distâncias aos portos, foram estimadas curvas para diferentes localidades: uma mais perto de QQN (Azul), outra mais perto de BHB (Coronel Suárez) e uma equidistante (Laprida).

Para Azul e Coronel Suárez foram estimadas as probabilidades de escolha em função do preço da ferrovia para o porto mais próximo. Nas três localidades também foram estimadas a probabilidade de escolha da ferrovia em função da relação com o valor do frete do caminhão ( $\frac{F_T}{F_C}$ ). Todas presumem uma frequência de 20 dias e o mesmo preço FAS.

A Figura 14 ilustra a curva de demanda para a cidade de Azul das quatro alternativas em função do preço da ferrovia a QQN. A localidade encontra-se a 250 km de QQN e a 340 de BHB. A faixa de variação do preço é 0 e 310 \$/t e os valores de frete das outras alternativas são de 150\$ para a ferrovia a BHB, 240\$ o caminhão a QQN e 300\$ de caminhão a BHB.

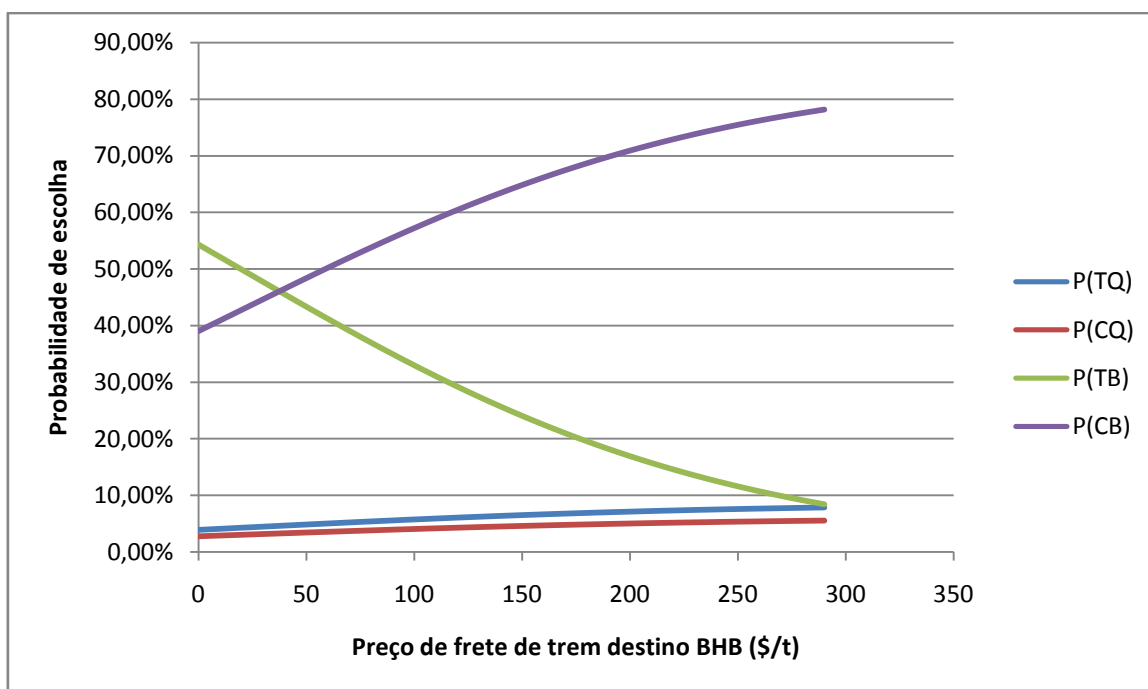


**Figura 14.** Probabilidade de escolha de cada alternativa para a localidade de Azul  
Fonte: elaboração própria

A elasticidade direta do preço é de  $-0,62$  e a cruzada de  $0,44$ , podendo-se verificar no baixo gradiente da curva. Pode-se observar também que o caminhão tem um piso de 22% de demanda, mesmo que o preço da ferrovia seja 0, onde a probabilidade de escolha da ferrovia a QQN é de quase 70%. A curva da ferrovia a QQN cruza com a do caminhão com 40% de *market share* cada uma, com um valor do frete de trem sendo 50% do valor do caminhão. A participação das alternativas com destino BHB é marginal e no ponto de cruzamento chegou a ser 10% cada uma.

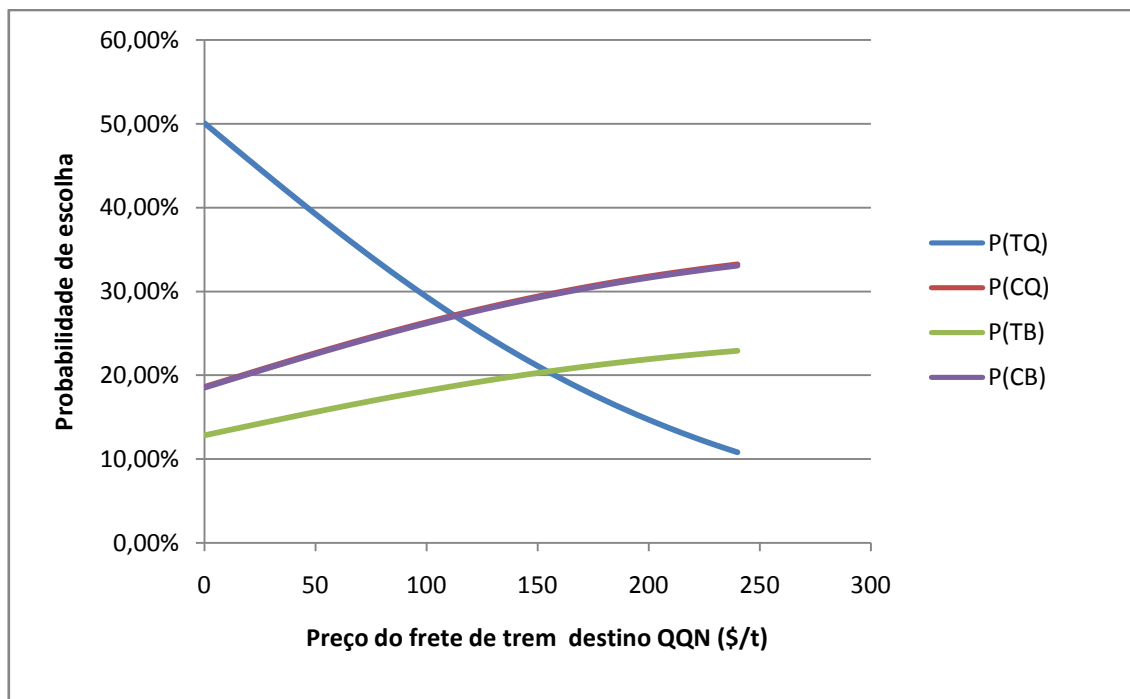
Na Figura 15 ilustra-se as curvas para a localidade mais perto de BHB, Coronel Suárez. A distância para aquele porto é de 185 km e para QQN 350 km. A diferença de distâncias é maior do que para Azul, fazendo com que a demanda para o porto de QQN não chegue a 10%. Nesse caso, o mínimo de demanda do caminhão é de 40%. O ponto de cruzamento entre o modo ferroviário e rodoviário (para BHB) é ao redor dos 45% de demanda cada um, com um custo da ferrovia de 50\$/t. O baixo preço de equilíbrio entre os modos é causado provavelmente pela proximidade ao porto. Quanto mais perto menor é o valor do frete de caminhão, obrigando que o preço necessário para igualar as utilidades tenha que ser baixo. Igual do que para Azul, o gradiente da curva é baixo, representando a elasticidade direta de  $-0,51$  e a cruzada de  $0,34$ .





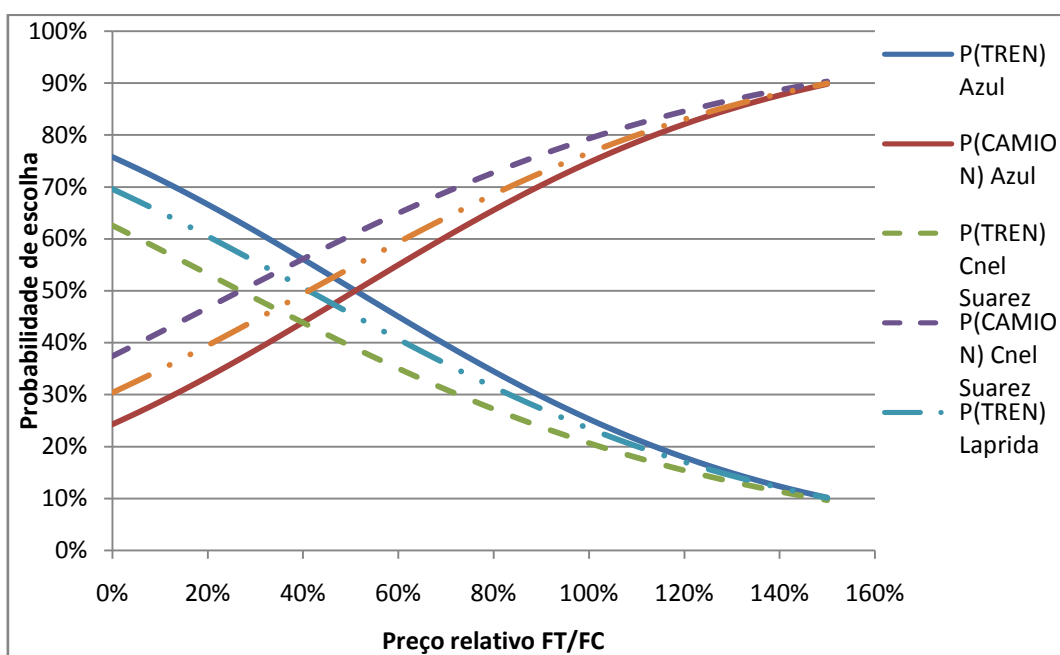
**Figura 15.** Probabilidade de escolha de cada alternativa para a localidade de Coronel Suárez  
 Fonte: elaboração própria

A curva de demanda da localidade de Laprida, equidistante dos dois portos a 235 km de distância, é apresentada na Figura 16, para variações do preço do trem a QQN. Neste caso quando a tarifa da ferrovia a QQN for 0, a probabilidade de escolha dela é de 50% e a do caminhão ao redor de 20%. Cabe destacar o comportamento quase idêntico das duas curvas do caminhão (superpostas na figura) e a paralela do trem a BHB, confirmando que a elasticidade cruzada é igual para as 3 alternativas (0,27). O cruzamento entre as alternativas dá-se com 28% do *market share* para o trem a QQN, e o caminhão para os dois destinos. A tarifa foi de 110\$/t, quase 50% da tarifa da rodovia.



**Figura 16.** Probabilidade de escolha de cada alternativa para a localidade de Laprida  
Fonte: elaboração própria

Supondo que a tarifa da ferrovia seja uma fração da tarifa praticada para a rodovia, estimaram-se as probabilidades agregadas de escolha por modo. Para isso somaram-se  $P_{TQ}$  e  $P_{TB}$  para obter  $P_T$  e  $P_{CQ}$  com  $P_{CB}$  para obter  $P_C$ . Os resultados são ilustrados na Figura 17.



**Figura 17.** Probabilidade de escolha por modo em função da relação de preços  
Fonte: elaboração própria

As três curvas da ferrovia, como as três da rodovia, têm um comportamento similar entre si na faixa de 0% a 80% do preço relativo, diferenciando-se apenas num deslocamento na horizontal. Este deslocamento é causado principalmente pelo efeito das distâncias ao porto. Quando as distâncias ao porto mais próximo são menores, a tarifa da ferrovia para ter a mesma utilidade do que a rodovia tem que ser relativamente menor do que para distâncias maiores. Por isso, os pontos de mesma utilidade entre a ferrovia e rodovia são 25% do preço relativo para Coronel Suárez, 40% para Laprida e 50% para Azul, dado que as distâncias ao porto mais perto são 185 km (BHB), 235 km (BHB e QQN) e 250 km (QQN), respectivamente.

### 6.2.5 Simulações

Uma das aplicações das técnicas de PD é a simulação da implantação de um meio de transporte. A partir de criação de diferentes cenários podem-se avaliar políticas de preço e seu impacto no mercado. Particularmente para a avaliação de projetos isso é atrativo porque permite procurar o preço que maximiza a receita de um meio de transporte. Nesse caso foram avaliados cenários de recuperação da ferrovia na zona em estudo.

O modelo de escolha definido estima a probabilidade que cada par modo-destino tem de ser utilizado. Essa escolha é condicionada por variáveis que são diferentes para cada localidade e outras que são determinadas pelo operador de transporte. Portanto, é necessário avaliar separadamente cada cidade. Além disso, cada localidade tem diferentes volumes de produção e, portanto, o impacto no volume transportado e na receita difere de local a local. Levando esses dois fatores em consideração, foi definida a seguinte função para o *market share* global de um modo de transporte:

$$P_i = \frac{\sum_j (T_j * \sum_{ik} P_{ikj})}{\sum_j T_j} \quad (11)$$

Onde:

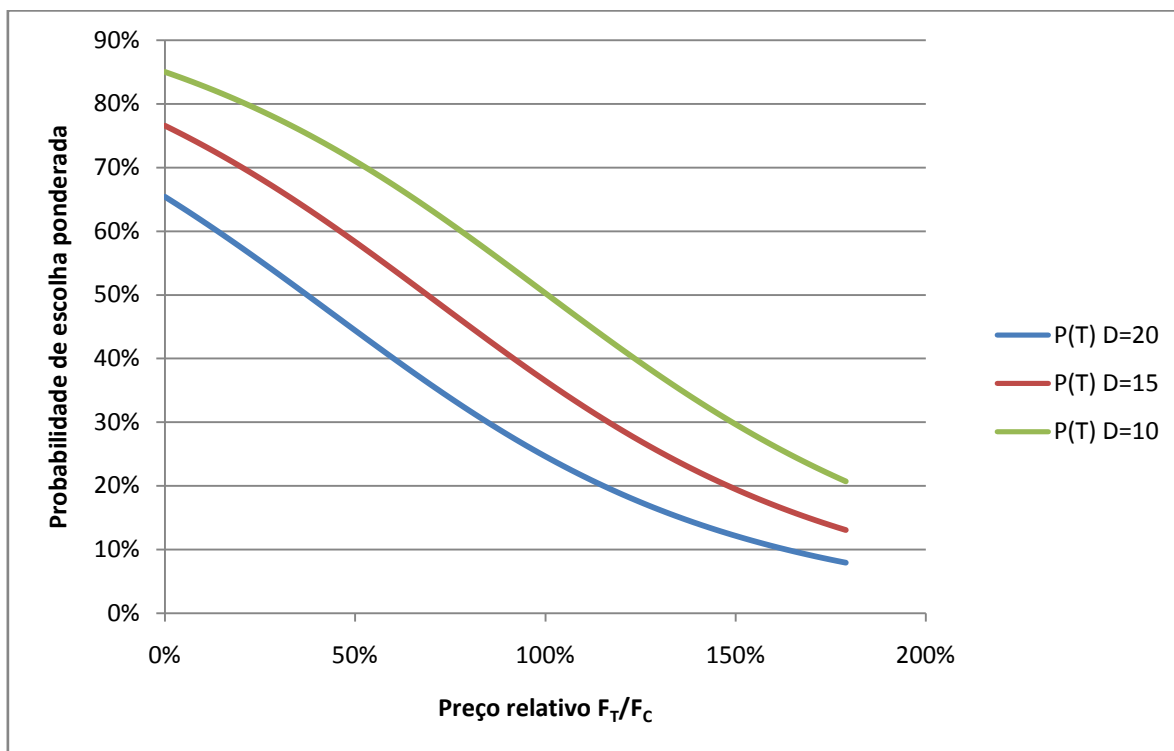
$P_i$ : Probabilidade de escolha ponderada do modo  $i$

$T_j$ : Produção no local  $j$

$P_{ikj}$ : Probabilidade de escolha do modo  $i$  ao destino  $k$  no local  $j$

Na equação anterior ponderam-se as probabilidades pela produção de cada localidade. Para as simulações a seguir foram utilizadas a produção de soja de cada região onde foram feitas as pesquisas, embora o modelo possa ser generalizado para diferentes produtos agrícolas e para todo o *hinterland* dos portos de BHB e QQN.

As simulações apresentadas na Figura 18 correspondem à demanda da ferrovia em função da relação de preços com a rodovia. É simulada uma política de tarifas onde o trem utiliza o mesmo método de precificação e utiliza uma porcentagem da tarifa do caminhão.



**Figura 18.** Probabilidade de escolha ponderada da ferrovia  
Fonte: elaboração própria

Percebe-se os diferentes *market shares* para diferentes frequências de serviço. Enquanto a porção máxima de mercado com uma frequência de 20 dias é de 65% do mercado (a preço 0), ao aumentar a frequência a 15 e 10 dias, esta porção cresce a 77% e 85%, respectivamente. Mas conhecer as proporções de mercado não é a única informação importante na hora de analisar a implantação de um modo de transporte. A Figura 19 mostra a arrecadação da ferrovia em função da tarifa relativa à rodovia. A

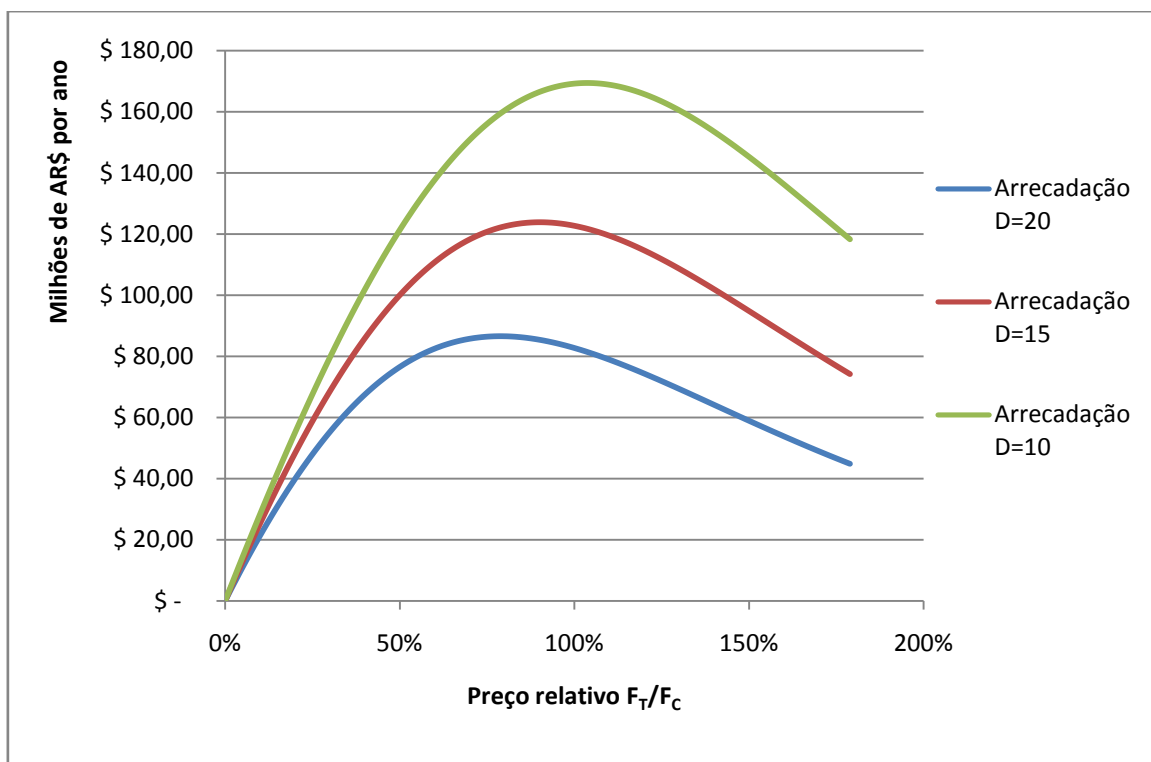
arrecadação da ferrovia é dada então multiplicando as probabilidades de cada localidade pelo valor do frete, segundo a equação 12.

$$R_i = \sum_j \left\{ T_j * \sum_k (P_{ikj} * F_{ikj}) \right\} \quad (12)$$

Onde:

$R_i$ : Valor da arrecadação do modo  $i$

$F_{ikj}$ : Valor do frete do modo  $i$  para o destino  $k$  do local  $j$



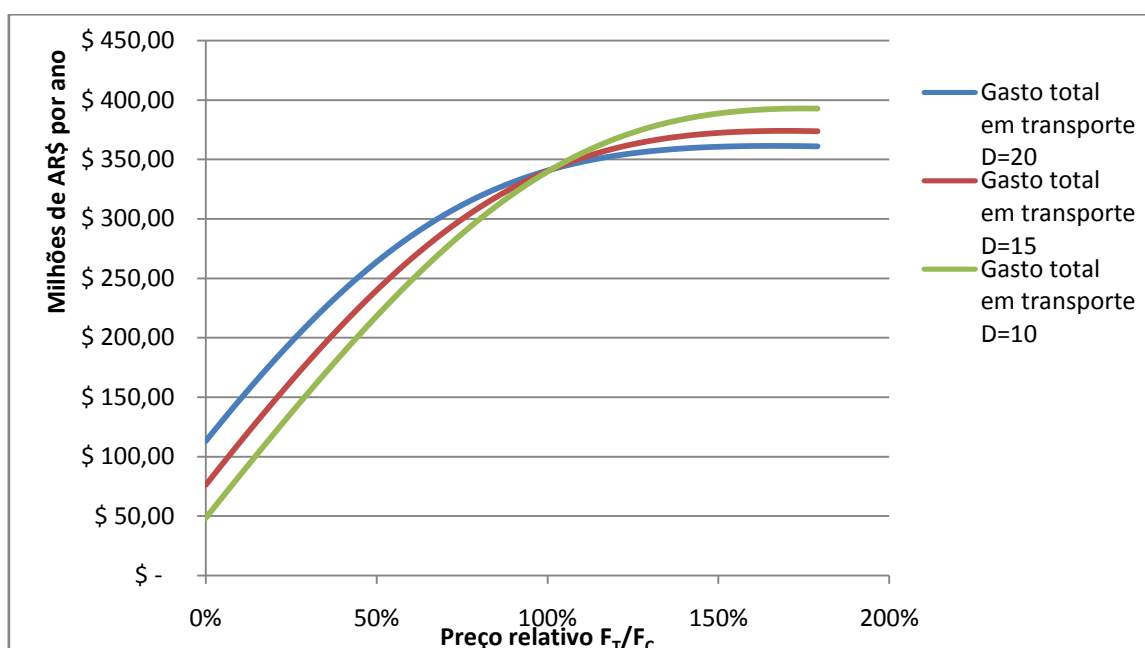
**Figura 19.** Arrecadação potencial da ferrovia  
Fonte: elaboração própria

Uma melhora no nível de serviço (maior frequência) permite à ferrovia cobrar mais caro e manter o *market share*. Para uma frequência de 20 dias a máxima arrecadação encontra-se com um preço de 80% do praticado na rodovia, arrecadando AR\$86.653.000 e com uma fatia de mercado ligeiramente superior a 30% (ver Figura 18). Aumentando a frequência para 15 dias, passa-se a arrecadar quase AR\$124.000.000 com um preço relativo de 90% e uma probabilidade de escolha de 41%. Finalmente, para um alto nível de serviço com frequências de 10 dias obtém-se que a máxima arrecadação ocorre com o mesmo preço da rodovia, tendo a metade do mercado

aproximadamente e chegando a arrecadar AR\$169.400.000, quase o dobro do que na menor frequência.

O conhecimento do faturamento potencial é uma ferramenta importante para estudos econômico-financeiros. Também deve-se avaliar a viabilidade de aumentar o nível de serviço, aumentando as despesas operativas, para obter aumentos na receita potencial.

Porém, olhar puramente para a arrecadação é um viés só para o negócio de transporte. Sob a ótica do setor público é importante avaliar o gasto em transporte como elemento que impacta na competitividade da economia. É por esse motivo que a divisão modal do transporte de cargas é um elemento de preocupação e estudo (SCHNEPF *et al.*, 2001; REGUNAGA, 2010). A Figura 20 mostra os diferentes níveis de gasto em transporte, calculados como a soma do arrecadado pelo trem e pelo caminhão.



**Figura 20.** Gasto Total em transporte  
Fonte: elaboração própria

Pode-se ver que quando toda a carga é transportada ao mesmo preço, chega-se a uma despesa de transporte de quase AR\$341.000.000. Esse valor, portanto, coincide com os gastos em transporte para altas frequências e procurando a máxima arrecadação. Para frequências de 15 dias, o preço que maximiza a arrecadação é de 90%, com um

gasto total de AR\$326.000.000, 5% menos. A receita máxima da ferrovia para frequências de 20 dias é dada com preços de 80% da tarifa do caminhão, com um gasto total 7% inferior ao da frequência de 10 dias, gastando AR\$317.500.000. É importante salientar que uma melhora na participação da ferrovia não é um objetivo *per se*, mas uma forma de melhorar a competitividade de uma região.

Levando-se somente em consideração a função de maximização de receita mantendo-se ao mínimo possível o gasto total em transporte, considerando-se a ferrovia com uma frequência de 20 dias e cobrando-se 80% da tarifa do caminhão, tem-se uma alternativa atraente tanto para o setor público como para o privado. Para completar a análise nesse sentido deveriam ser internalizados alguns efeitos positivos da mudança modal para a ferrovia, como a redução de acidentes ou de emissões. Talvez com esses elementos presentes fossem priorizadas alternativas de serviço que maximizassem a mudança de modo. Isso pode ser analisado montando uma função de custos generalizada que inclua as externalidades ou com uma análise de metas múltiplas.

Outra análise que pode ser feita é estudar impactos de impostos de carbono na divisão modal. Essa é uma preocupação presente em vários estudos da área como, por exemplo, o trabalho de Brooks *et al.* (2012). Inclusive, pode-se avaliar a viabilidade de um subsídio cruzado para incorporar a externalidade negativa da rodovia e atribuí-la à ferrovia.

### 6.3 SÍNTESE

A partir da base de dados foi possível calibrar modelos MNL e NL. Como os parâmetros que diferenciam ambos os modelos não foram significativos, o NL colapsou e foi escolhido o MNL. Isso significa que os consolidadores tomam simultaneamente a decisão de escolha destino-modo.

As escolhas são mais influenciadas pelas variações de preço FAS do que qualquer outra variável, sendo o seu coeficiente quase duas vezes maior do que o do custo. A frequência, tão repetida nos estudos da literatura, foi incluída nos modelos. A distância influi na escolha de modo duplo. Essa é um parâmetro da função utilidade e também é um fator que é considerado na precificação.

Foram testadas as elasticidades preço para a ferrovia, tanto para QQN como para BHB. Adicionalmente, foram analisados criticamente os valores da função de utilidade para identificar as distâncias de indiferença.

Finalmente, foram estudados os efeitos na escolha modal do preço, tanto para diferentes localidades como para o *market share* global da ferrovia. Com esse último modelo foi possível analisar o efeito da política de preço no gasto total em transporte.



## **7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

O objetivo principal deste trabalho foi o estudo da decisão conjunta de modo e destino para os consolidadores de grãos do sul da Província de Buenos Aires. Como o modelo que melhor se adaptou foi o MNL, pode-se afirmar que a escolha é feita efetivamente em conjunto e não sequencialmente, confirmando a hipótese de trabalho.

A modelagem conjunta é uma tendência na modelagem em transportes. Diversos enfoques novos são desenvolvidos com a intenção de melhorar o modelo 4 etapas convencional.

Adicionalmente, diversos avanços vêm se notando na área da modelagem de carga. Além da modelagem simultânea de algumas decisões, tem-se tentado incluir variáveis do tipo logísticas ou que refletem algum tipo de nível de serviço. Mas ainda existe a grande limitante da obtenção de dados fidedignos, especialmente para a modelagem desagregada.

A pesquisa de PD realizada com os consolidadores teve uma boa abrangência territorial, sendo entrevistada a maior parte da capacidade instalada. Com 32 entrevistas realizadas conseguiu-se uma base de dados robusta para a estimação dos modelos.

Apesar de ter que se discretizar para modelar, a variável resposta contínua permite dar maior liberdade às escolhas e acrescenta confiança do entrevistado à pesquisa.

O modelo MNL final apresentou uma boa capacidade de explicar os dados com um  $\rho^2$  de 0,329. As variáveis incluídas foram afreqüência, o preço FAS, o custo do frete e a distância. A frequência é a variável que representa o nível de serviço e apresentou um *willingness to pay* de 12,83 \$/dia. Essa variável foi uma das que mais apareceram na revisão da literatura.

A variável responsável pela maior parte da utilidade é o preço FAS. A influência das outras variáveis dependia fundamentalmente do modo, sendo para a ferrovia a frequência o mais relevante e para a rodovia, o custo.

Com respeito às elasticidades, o modo mais elástico foi o caminhão. As escolhas ferroviárias foram relativamente inelásticas. Era de esperar isso, devido à maior influência do frete na função utilidade.

A ferrovia para QQN tem maiores potencialidades para ser competitiva frente à rodovia. Nos cálculos para as linhas de iso-utilidade entre o trem e o caminhão, as distâncias para QQN foram sempre menores comparadas com as de BHB. Na comparação dos *hinterlands*, no mesmo preço FAS, os dois portos dividem quase igualmente as zonas de influência. Mas, a partir de diferenças de 2%, as distâncias começam a ser significativas em favor a BHB. Analisando-se um cenário com ferrovia operando só para BHB, pôde-se observar que esse porto abarca, pelo menos, 50 km mais do que QQN.

Os efeitos da distância no *market share* do modo faz com que, quanto mais próximo aos portos, maior fatia tem o caminhão. Ao serem analisadas as curvas de demanda agregadas para a zona de estudo, observam-se que o setor rodoviário sempre possuía uma porção de mercado, mesmo quando o preço da ferrovia era 0.

Analisando-se as potencialidades de arrecadação, pôde-se ver que a mesma aumenta conforme melhora a frequência. Para frequências de 10 dias, por exemplo, a ferrovia obteria o máximo lucro com a tarifa igual à da rodovia. Também analisando o

gasto total em transporte, pôde-se ver que nos pontos de máxima arrecadação o gasto diminui conforme baixa a frequência. Essa é uma conclusão importante se o setor público se preocupa com competitividade das economias regionais.

Embora se tenha sido adotado o modelo MNL, existem outros modelos que talvez possam melhorar o ajuste. O *Mixed multinomial logit* possui outras propriedades no termo aleatório, por exemplo. Também poderia-se tentar aplicar modelos discreto-contínuos para não ter que perder informação ao discretizar as respostas.

Para futuros estudos seria poderiam-se explorar outros atributos logísticos. O presente trabalho teve algumas variáveis que apresentaram magnitudes muito pequenas frente a outras, o que poderia ter afetado sua significância. Também um questionário de 7 fatores interagindo simultaneamente possa ter influenciado no descarte de algumas delas, dado que é difícil processar tantas informações.

Adicionalmente, poderia ser estudada e avaliada a expansão do estudo para o restante do país. Um modelo generalizado permitiria avaliar políticas de transporte e investimento sob uma ótica mais geral.

Outras análises podem ser adicionadas às já feitas no trabalho. A inclusão de benefícios não monetários, como a redução de acidentes e de contaminação, resultantes do aumento do *market share* da ferrovia, pode mudar as curvas de gasto total em transporte. Ainda, adicionando variáveis de investimento para a recuperação da ferrovia, poderia ser feita uma análise custo/benefício. Outras análises que podem ser feitas são referentes aos impactos da internalização de externalidades, como a aplicação de impostos de carbono.

## BIBLIOGRAFIA

Abate, M; Vierth, I; de Jong, G. Joint econometric models of freight transport chain and shipment size choice. Working papers in Transport Economics 2014:9, CTS - Centre for Transport Studies Stockholm (KTH and VTI), 2014

Abdelwahab, W.A. Elasticities of mode choice probabilities and market elasticities of demand: evidence from a simultaneous mode choice/shipment-size freight transport model. Transportation research part E, 1998, Pp 257-266, 1998

ARGENTINA. Ministerio de Asuntos Agrários de la Provincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Azul. La Plata, 2006 a. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/Azul.doc](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/Azul.doc)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_ Ministerio de Asuntos Agrários de la Provincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Balcarce. La Plata, 2006 b. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/BALCARCE.DOC](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/BALCARCE.DOC)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_ Ministerio de Asuntos Agrários de la Provincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Benito Juárez. La Plata, 2006 c. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/JUAREZ.DOC](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/JUAREZ.DOC)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_ Ministerio de Asuntos Agrários de la Provincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Coronel Suárez. La Plata, 2006 d. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/CnelSuarez.doc](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/CnelSuarez.doc)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_Ministerio de Asuntos Agrários de laProvincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: General La Madrid. La Plata, 2006 e. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/GraLlAMADRID.DOC](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/GraLlAMADRID.DOC)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_Ministerio de Asuntos Agrários de laProvincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Adolfo Gonzáles Chaves. La Plata, 2006 f. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/GonzalesChaves.DOC](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/GonzalesChaves.DOC)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_Ministerio de Asuntos Agrários de laProvincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Laprida. La Plata, 2006g. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/Laprida.doc](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/Laprida.doc)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_Ministerio de Asuntos Agrários de laProvincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Olavarria. La Plata, 2006 h. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/OLAVARRIA.DOC](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/OLAVARRIA.DOC)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_Ministerio de Asuntos Agrários de laProvincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Rauch. La Plata, 2006 i. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/LASFLORES.DOC](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/LASFLORES.DOC)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_Ministerio de Asuntos Agrários de laProvincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: Tandil. La Plata, 2006 j. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/TANDIL.DOC](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/TANDIL.DOC)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_\_Ministerio de Asuntos Agrários de laProvincia de Buenos Aires, Estadísticas Partidos: TresArroyos. La Plata, 2006 k. Disponível em <[http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura\\_ganaderia/archivos/archivos\\_economia/Estadistica%20de%20Partidos/3ARROYOS.DOC](http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/archivos_economia/Estadistica%20de%20Partidos/3ARROYOS.DOC)>. Acesso em: 17 Maio 2014.

\_\_\_\_ Instituto Geográfico Nacional, Base de datos geográfica: Red ferroviaria. 2013 a. Disponible en < [www.ign.gov.ar/sig](http://www.ign.gov.ar/sig)>. Acceso en: 20 Jan. 2015.

\_\_\_\_ Instituto Geográfico Nacional, Base de datos geográfica: Red vial. 2013 b. Disponible en < [www.ign.gov.ar/sig](http://www.ign.gov.ar/sig)>. Acceso en: 20 Jan. 2015.

\_\_\_\_ Instituto Geográfico Nacional, Base de datos geográfica: Departamentos. 2013 c. Disponible en < [www.ign.gov.ar/sig](http://www.ign.gov.ar/sig)>. Acceso en: 20 Jan. 2015.

\_\_\_\_ Sistema Integrado de Información Agropecuaria. 2014. Disponible en < [http://www.siiia.gov.ar/\\_apps/siiia/estimaciones/estima2.php](http://www.siiia.gov.ar/_apps/siiia/estimaciones/estima2.php)>. Acceso en: 15 Dez. 2014.

ATCADE. Tarifa para 2014. 2014. Disponible en < <http://www.atcade.org/>>. Acceso en: 10 Mayo 2014.

Banco Mundial. Logistics, Transport and Food Prices in LAC: Policy Guidance for Improving Efficiency and Reducing Costs. Second meeting of the finance ministers of the Americas and the Caribbean. Viña del Mar, Chile, 2009.

Barbero, J A. La logística de cargas en América Latina y el Caribe: una agenda para mejorar su desempeño. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington DC, Estados Unidos, 2010.

Bartosik, R; Cardoso, L; Urcola H; Berruto, R. Economic Analysis of Storing Grain in Silobags Through a Web Application. EFITA-WCCACIGR Conference “Sustainable Agriculture through ICT Innovation”, Turin, Italy, 24- 27 June 2013.

Ben-Akiva, M; Lerman, S. .Discrete Choice Analysis: theory and application to travel demand. 5th. ed. The MIT Press, London, England, 1993.

Bierlaire, M. BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models ,*Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, 2003

Bolsa de Comércio y Productos de Bahía Blanca. Cotizaciones. 2014. Disponível em <[www.bcp.org.ar](http://www.bcp.org.ar)>. Acesso em: 13 Maio de 2014.

Brooks, M R; Puckett, S M; Hensher, D A; Sammons, A. Understanding mode choice decisions: A study of Australian freight shippers. *Maritime Economics & Logistics* 14: 274-299, 2012.

Brooks, M R; Trifts, V. Short sea shipping in North America: understanding the requirements of Atlantic Canadian shippers. *Maritime Policy & Management* 35: 145-158, 2008.

Cadena Agroindustrial Argentina. Infraestructura del transporte de cargas en la República Argentina. Foro de la cadena agroindustrial argentina. Buenos Aires, Argentina, 2005.

Capka, J R. The importance of understanding freight. TRB Conference on Freight Demand Modelling: Tools for Public Sector Decision Making, September 25-27, Washington DC, 2006.

Chow, J Y J; Yang, C H; Regan, A C. State-of-the art of freight forecaste modelling: lessons learned and the road ahead. *Transportation* 37: 1011-1030, 2010

CNRT. Datos generales concesionarios de carga. 2014. Disponível em <<http://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/Datos%20Generales%20Concesionarios%20de%20Carga%202014.xls>>. Acesso em: 11 Maio 2014.

\_\_\_\_\_. Datos de explotación histórico hasta 2014.2015. Disponível em <<http://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/Datos%20de%20explotaci%C3%B3n%20hist%C3%B3rico%20hasta%202014.xls>>. Acesso em: 23 Jan. 2015.

Cohan, L; Costa, R. Panorama general de las nuevas formas de organización del agro: las principales cadenas agroalimentarias. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago, Chile, 2011.

Cullinane, K; Toy, N. Identifying influential attributes in freight route-mode choice decisions. *Transportation Research Part E* 36 (2000) 41-53, 2000.

Danielis, R; Marcucci, E. Attribute cut-offs in freight service selection. *Transportation Research Part E* 43 (2007) 506–515, 2007.

Danielis, R; Marcucci, E; Rotaris, L. Logistics managers stated preferences for freight service attributes. *Transportation Research Part E* 41 (2005) 201–215, 2005.

Davidson, P. New approach to transport modelling – the Stochastic Segmented Slice Simulation (4S) model and its recent applications. *Australasian Transport Research Forum 2011 Proceedings*, 2011

De Jong, G; Viertg, I; Tavasszy, L; Ben-Akiva, M. Recent developments in national and international freight transport models within Europe. *Transportation* 40: 347-371, 2013.

Feo, M; Espino, R; Garcia, L. An stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe Motorway of the Sea. *Transport Policy* 18 (2011) 60–67, 2011.

Feo-Valero, M; García-Menéndez, L; Sáez-Carramolino, L; Furió-Pruñonosa S. The importance of the inland leg of containerised maritime shipments. *Transportation Research Part E* 47 (2011) 446–460, 2011.

Fowkes, T. The design and interpretation of freight stated preference experiments seeking to elicit behavioural valuations of journey attributes. *Transportation Research Part B* 41: 966-980, 2007.

Galván, D T; Gelmi, M E; Gobbi, S; Chiodi, F; Pendones, J P; Endere, R. Estudio de competitividad logística de Quequén: definicion del hinterland competitivo. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro, Olavarría, Argentina, 2006.



Garcia, N; Canitrot, L. Potencialidades del ferrocarril en el transporte de granos: su rol estratégico para incrementar la competitividad hacia 2020. Cámara Argentina de la Construcción, Buenos Aires, Argentina, 2013.

Gardel, C. Puertos Graneleros en la Argentina y algunos indicadores de performance portuaria. Bolsa de Comercio de Rosario, Rosario, Argentina, 2000.

Hancock, V. Freight Demand Modelling, Tools for Public-Sector Decision Making: Summary of a conference. Conference Proceedings 40, Transport Research Board, Washington DC, 2008.

Hensher, D, Figliozzi, M. Behavioural insights into the Modelling of Freight Transportation and Distribution Systems. Transportation Research Part B: Methodological, Volume 41, Issue 9, November 2007.

Ishaq, R, Bekhor, S, Shiftan, Y. A flexible model structure approach for discrete choice models. Transportation (2013) 40:609–624, 2013.

Johnson, D; de Jong, G. Heterogeneous response to transport cost and time and model specification in freight mode and shipment size choice. International Choice Modelling Conference 2011.

Kim, H, Lee, Y, Kim, D, Kho, S, Lee, C. Integrated Decision Model of Mode, Line, and Frequency Reflecting Changes in Travelers' behaviors. 92nd Transportation Research Board Annual Meeting, 2013.

Mangan, J; Lalwani, C; Gardner, B. Modelling port-ferry choice in RoRo freight transportation. International Journal of Transport Management 1 (2002) 15–28, 2002.

Meyer, M D. Key observations and suggested areas for research. TRB Conference on Freight Demand Modelling: Tools for Public Sector Decision Making, September 25-27, Washington DC, 2006.

National Academy of Sciences. NCFRP Report 8: Freight-Demand Modeling to Support Public-Sector Decision Making. The National Academies Press, 2010.

Ortúzar, J. D. D.; Willumsen, L. G. Modelling Transport. 4th.ed.[s.l.]Jonh Wiley & Sons, 2011.

Piecyk, M I; McKinnon, A C. Forecasting the carbon footprint of road freight transport in 2020. *Int. J. Production Economics* 128: 31-42, 2010

Pourabdollahi, Z; Karimi, B; Mohammadian, A. A joint model of freight mode and shipment size choice. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2013 2378: 84-91, 2013.

Puckett, S M; Hensher, D A. The role of attribute processing strategies in estimating the preference of road freight stakeholders. *International Journal of Transport Management* 1, 15–28, 2008.

Regunaga, M. Implications of the organization of the commodity production and processing industry: the soybean chain in Argentina. *LCSSD Food Paper Series*, World Bank, 2010, Washington DC, Estados Unidos, 2010.

Sánchez, R.; Wilmsmeier, G.; Pérez, G.; Hesse, M. Latin American Modal Split in International Transport – Year 2006: Argentina. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, Santiago, Chile, 2008.

Schepf, R D; Dohlman, E; Bolling, C. Agriculture in Brazil and Argentina: Developments and Prospects for Major Field Crops. *Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Agriculture and Trade Report. WRS-01-3*, 2001.

Shingal, N; Fowkes, T. Freight mode choice and adaptative stated preferences. *Transportation Research Part E* 38: 367-378, 2002.

Stelling, P. Policy instruments for reducing CO<sub>2</sub>-emissions from the Swedish freight transport sector. *Research in Transportation Business & Management* 12 (2014) 47–54, 2014.

Steven, A B; Corsi, T M. Choosing a port: An analysis of containerized imports into the US. *Transportation Research Part E* 48 (2012) 881–895, 2012.

Sun, Q, Zhu, L Chen, B. A dynamic generalized cost based logit model for passenger corridors. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol 13, Issue 4, 2013.

Tavasszy, L. Freight Modeling – An overview of international experiences. Paper prepared for the TRB Conference on Freight Demand Modelling: Tools for Public Sector Decision Making, September 25-27, Washington DC, 2006.

Terwissen, A P. Diferencias en las cotizaciones de los principales commodities agrícolas embarcados en el puerto de Quequén y Bahía Blanca entre 1994 y 2007. Tesina de grado. Facultad de ciencias económicas y sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, 2008.

Tian, Y; Zhu, Q; Lai K-H; Lun, Y H V. Analysis of greenhouse gas emissions of freight transport sector in China *Journal of Transport Geography* 40: 43–52, 2014.

Tongzon, J L. Port choice and freight forwarders. *Transportation Research Part E* 45 (2009) 186–195, 2009.

Turnquist, M A. Characteristics of effective freight models. TRB Conference on Freight Demand Modelling: Tools for Public Sector Decision Making, September 25-27, 2006, Washington DC, 2006.

Wang, Y; Ding, C; Liu, C; Xie, B. An analysis of Interstate freight mode choice between truck and rail: A case study of Maryland, United States. *Procedia – Social and Behavioural Sciences* 96: 1239-1249, 2013.

Windisch, E; de Jong, G C; van Nes, R; Hoogendoorn, S P. A disaggregate freight transport model of transport chain and shipment choice. Association for European Transport and contributors, 2010.

Williams, H.C.W.Ç. e Ortúzar J de D. Behavioural theories of dispersion and the mis specification of travel demand models. *Transportation Research* 16B, 167-219, 1982.

Zamparini, L; Layaa, J; Dullaert, W. Monetary values of freight transport quality attributes A sample of Tanzanian firms. *Journal of Transport Geography* 19 (2011) 1222–1234, 2011.

Zhang, K; Nair, R; Mahmassani, H; Miller-Hooks, E D; Arcot, V C; Kuo, A; Donf, J; Lu, C-C. Application and validation of a dynamic freight simulation-assignment model to a large-scale intermodal rail network: The Pan-European case. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2066:9-20, 2008.

## **ANEXO I: DADOS COLETADOS DOS QUESTIONÁRIOS**

Disponível em arquivo digital anexo.

## ANEXO II: SINTAXE DO BIOGEME

[ModelDescription]

"Evaluando el modelo discretizando las respuestas"

"QQN vs Bahia"

"Trens vsCamion"

[Choice]

Discreto\_A

[Beta]

// Name Value LowerBoundUpperBound status (0=variable, 1=fixed)

CTE\_C\_Q 0 -10 10 0

CTE\_T\_B 0 -10 10 0

CTE\_T\_Q 0 -10 10 1

CTE\_C\_B 0 -10 10 0

B\_DIST 0 -10 10 0

B\_FRE 0 -10 10 0

B\_FLETE 0 -10 10 0

B\_PIZARRA 0 -10 10 0

[LaTeX]

CTE\_C\_Q "constante camionqqn"

CTE\_T\_B "constante tren bahia"

CTE\_T\_Q "constante tren qqn"

CTE\_C\_B "constante camion bahia"

[Utilities]

// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1\*x1 + beta2\*x2 + ... )

1 A1\_T\_Q Nro CTE\_T\_Q \* one

+ B\_FRE \* Demcar\_T

+ B\_DIST \* DIST\_Q

+ B\_FLETE \* Flete\_T\_Q  
 +B\_PIZARRA \* Precio\_Q

2 A2\_C\_Q Nro            CTE\_C\_Q \* one  
 + B\_DIST \* DIST\_Q  
 + B\_FRE \* Demcar\_C  
                           + B\_FLETE \* Flete\_C\_Q  
 +B\_PIZARRA \* Precio\_Q

3 A3\_T\_B Nro            CTE\_T\_B \* one  
                           + B\_DIST \* DIST\_B  
 + B\_FRE \* Demcar\_T  
 + B\_FLETE \* Flete\_T\_B  
 +B\_PIZARRA \* Precio\_B

4 A4\_C\_B Nro            CTE\_C\_B \* one  
                           + B\_DIST \* DIST\_B  
 + B\_FRE \* Demcar\_C  
 + B\_FLETE \* Flete\_C\_B  
 +B\_PIZARRA \* Precio\_B

[Expressions]

one = 1

[Exclude]

Piloto = 1

[Model]

\$MNL