

## VALOR DO TEMPO E ESCOLHA MODAL NO TRANSPORTE DE CARGA: ESTUDO DE CASO DE RIO DE JANEIRO E RIO GRANDE DO SUL

Ana Margarita Larranaga<sup>a</sup>  
Felipe Lobo Umbelino de Souza  
Julian Arellana<sup>b</sup>  
Luiz Afonso Senna<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Departamento de Engenharia de Produção e Transportes

<sup>b</sup> Universidad del Norte  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

### RESUMO

Este estudo analisa a estrutura de decisão dos usuários embarcadores de transporte de carga de dois estados brasileiros: Rio Grande do Sul (RS) e Rio de Janeiro (RJ). Modelos de escolha discreta foram estimados para analisar a escolha modal de embarcadores de carga a partir de dados de Preferência Declarada. Os resultados evidenciaram e quantificaram o impacto nas preferências das empresas embarcadoras de carga de minimizar tempos, custos e atraso nos envios de mercadoria. Adicionalmente, foi quantificado o impacto de características de confiabilidade, disponibilidade do modo e tipo de serviço na escolha modal. Os resultados mostraram a complementariedade dos dados de RJ e RS na estimação dos modelos. Características de custo são percebidas de forma similar por embarcadores de carga de ambos os estados, entretanto características de confiabilidade e de tempo de viagem mostraram ser percebidas de forma diferente. O valor do tempo estimado para RJ foi de R\$/t. h 7,43 e para RS de R\$/t. h 2,49.

### ABSTRACT

This study analyses the decision structure of cargo shippers from two Brazilian states: Rio Grande do Sul (RS) and Rio de Janeiro (RJ). Discrete choice models were estimated to analyse the mode choice of cargo shippers from Stated Preference data. The results evidenced and quantified the impact on cargo carriers' preferences of minimizing time, costs and delay in shipment of merchandise. In addition, impact of reliability, mode availability and type of service in modal choice was quantified. The results showed the complementarity of the RJ and RS data in the models' estimation. Cost characteristics are similarly perceived by cargo shippers from both states, however reliability and travel time characteristics have been perceived differently. The value of time for RJ was R \$ / t. h 7.43 and for RS of R \$ / t. h 2.49.

### 1. INTRODUÇÃO

O interesse em estudos de transporte de carga tem crescido nos últimos tempos devido a sua importância na economia e seu efeito no meio ambiente (Brooks e Trifts, 2008; Tapia *et al.*, 2018). No Brasil, o transporte de carga é caracterizado pela predominância do modal rodoviário, o qual corresponde a 61% do total de transporte de carga no país (CNT, 2018). A predominância do transporte rodoviário gera muitos efeitos negativos, tais como congestionamento, poluição do ar e acidentes, além de perda de competitividade da economia (Bontekoning, 2004).

O desequilíbrio existente entre os diferentes modos de transporte no Brasil e o impacto que este apresenta na economia do país sugere a necessidade de promover modalidades alternativas. O planejamento de um sistema de transporte mais eficiente e sustentável está sendo realizado por meio de estudos que buscam promover a racionalização dos fluxos de transporte entre diferentes modos, incentivando a intermodalidade (Larranaga *et al.*, 2016).

No âmbito internacional, estudos sobre a escolha do modo de transporte de carga estão sendo desenvolvidos em vários países. Alguns estudos são baseados em dados de Preferência declarada (PD) (Beuthe e Bouffieux, 2008; Chiara *et al.*, 2008; Danielis e Marcucci, 2007; de

Jong *et al.*, 2014; Feo-Valero *et al.*, 2011; Feo *et al.*, 2011; Nugroho *et al.*, 2016). Outros utilizam dados de Preferência Revelada (PR) (Jiang *et al.*, 1999; Ravibabu, 2013;) ou dados mistos, combinando dados PR e PD (Vellay e de Jong, 2003; Tapia *et al.*, 2018). As restrições na obtenção de dados das empresas e a falta de dados publicados sobre o transporte de mercadorias tornam os estudos nessa área menos comuns do que em transporte de passageiros, especialmente a aquisição de dados PR (Tavasszy e de Jong, 2014). Alguns desses estudos reportam valores de tempo para o transporte de mercadorias (Fowkes *et al.*, 1991). No Brasil, a contribuição é ainda menor, quase sem valores de referência para o transporte de cargas.

O valor do tempo (VOT) para o transporte de mercadorias é um componente crítico da Análise de Custo-Benefício de projetos e políticas de transporte. As medidas VOT permitem a conversão de um tempo de transporte unitário (por exemplo, uma hora) em valor monetário. Muitas análises de custo-benefício relatam que a economia de tempo representa a maior parte do benefício associado aos projetos de transporte (Larranaga *et al.*, 2016; Konishi *et al.*, 2014).

Nesse contexto, devido à importância do transporte de carga na competitividade da economia brasileira, este estudo visa contribuir para a análise da estrutura de decisão dos embarcadores de transporte de carga de dois estados brasileiros, Rio de Janeiro (RJ) e Rio Grande do Sul (RS), e da determinação do valor do tempo de viagem. Assim, esse estudo propõe três objetivos: (i) identificar as preferências dos embarcadores de carga em relação aos atributos do serviço de transporte de carga no RJ e RS; (ii) analisar a complementariedade dos dados, buscando modelos que representem de forma mais adequada as decisões em relação ao transporte de carga no Brasil e (iii) determinar e comparar os valores do tempo para RJ e RS.

Para isso, modelos de escolha discreta foram estimados a partir de dados de PD dos estados de RJ e RS. Os dados de RS obtidos para um estudo prévio desenvolvido por Larranaga *et al.* (2016). A combinação, complementariedade e comparação desses dados com os obtidos para RJ permitiu um melhor entendimento e análise do transporte de carga no Brasil. O artigo está dividido da seguinte forma. A segunda seção apresenta a situação atual do sistema de transporte de carga nos Estados de RJ e RS. A terceira seção demonstra o método usado. A quarta seção apresenta os dados e planejamento do experimento. A quinta seção apresenta os modelos estimados para os dois Estados, discutindo os resultados. Na sexta seção são apresentadas as principais conclusões.

## **2. TRANSPORTE DE CARGA NO RIO DE JANEIRO E NO RIO GRANDE DO SUL**

No Estado do Rio de Janeiro, o transporte de carga geral é marcado pela predominância do modo rodoviário. Seis produtos correspondem a cerca de 85% do fluxo rodoviário no Estado, com destaque para Carga Geral<sup>1</sup> que corresponde a 44% do fluxo de passagem pelo Estado do RJ no modo rodoviário (PELC, 2015a).

---

<sup>1</sup> A Categoria Carga Geral corresponde a sete tipos de produtos: Máquinas, equipamentos, autopeças, caldeiras; Alimentos e bebidas; Indústria naval, ferroviária, aérea; Fármacos, químicos, higiene e hospitalar; Plásticos e borracha; Indústria gráfica; e Outros (PELC, 2015 (a)).

No Estado do RJ há duas malhas ferroviárias: MRS Logística e FCA. Pela MRS, o volume a carga é transportada tendo como origem Minas Gerais, e destino o Estado de São Paulo. O minério de ferro (61%) é o principal produto movimentado, seguido por Produtos Siderúrgicos (18 %). Pela FCA, a carga tem como origem Minas Gerais, e destino Espírito Santo. Os principais produtos transportados são produtos agrícolas, como a soja (41%), o milho (34%) e o farelo de soja (12%) (PELC, 2015a).

No estado do Rio Grande do Sul, um dos mais populosos estados do Brasil, 85,3% da carga total é transportada por rodovia (Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2015). A localização geográfica do estado, no extremo sul do Brasil e no centro do MERCOSUL, resulta em uma conexão da rede de transportes tanto com o Brasil quanto com o exterior. Assim, além dos fluxos de mercadorias produzidas e consumidas no estado, trafegam por sua infraestrutura de transportes a grande maioria dos fluxos de mercadorias entre o restante do Brasil, o Uruguai e a Argentina (RUMUS, 2015).

A malha ferroviária gaúcha é integrante da chamada Malha Regional Sul. A operação atual é da empresa Rumo. Os centros de transferência de cargas que apresentam maior movimentação localizam-se nas proximidades da Região Metropolitana de Porto Alegre e em Passo Fundo, Cruz Alta, Uruguaiana e Porto do Rio Grande. Os principais produtos transportados são: combustíveis, fertilizantes, commodities agrícolas, farelo e óleos vegetais e produtos industrializados para construção civil e siderurgia, produtos florestais e contêineres (Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2018).

### 3. MÉTODO

Modelos de escolha discreta foram estimados para analisar a escolha modal de embarcadores de carga a partir de dados de PD. Os modelos econométricos propostos são baseados em uma abordagem comportamental, utilizando modelos desagregados de demanda (Ben-Akiva e Lerman, 1985; Domencich e McFadden, 1975; McFadden, 1974), combinando dados de duas pesquisas PD realizadas nos estados brasileiros de RS e RJ. A estimação conjunta de ambos os bancos de dados foi realizada adotando um processo de estimação simultânea, introduzido inicialmente por Ben-Akiva e Morikawa (1990) e desenvolvido por Bradley e Daly (1994). O objetivo da estimação conjunta foi aproveitar a complementariedade de ambas as fontes de dados enriquecendo a estimação. Do ponto de vista econométrico, a diferença fundamental na estimação conjunta está na inclusão da diferença de escala entre ambas as fontes, especificando termos de erro com diferente variância para cada uma. Assim, considerando  $\varepsilon$  o erro estocástico dos dados PD de RJ e  $\eta$  o correspondente aos dados de RS, é possível expressar a diferença de variância através da expressão (Ortuzar e Willumnsen, 2011):

$$\sigma_{\varepsilon}^2 = \mu^2 \cdot \sigma_{\eta}^2 \quad (1)$$

sendo  $\mu$  um parâmetro desconhecido denominado fator de escala do modelo. Essa consideração determina que as funções de utilidade da alternativa  $j$  para cada uma das fontes de dados sejam:

$$\begin{aligned} U_j^{RJ} &= V_j^{RJ} + \varepsilon_j = \theta \cdot X_j^{RJ} + \alpha \cdot Y_j^{RJ} + \varepsilon_j \\ \mu U_j^{RS} &= \mu(V_j^{RS} + \eta_j) = \mu(\theta \cdot X_j^{RS} + \omega \cdot Z_j^{RS} + \eta_j) \end{aligned} \quad (2)$$

onde  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $\omega$ , e  $\mu$  são os parâmetros a estimar.  $X_j^{RJ}$  e  $X_j^{RS}$  são atributos comuns da alternativa  $j$  para os dados de RJ e de RS respectivamente; enquanto que  $Y_j^{RJ}$  e  $Z_j^{RS}$  são atributos não comuns da alternativa  $j$  para cada conjunto de dados.

A determinação dos parâmetros comuns a ambas as fontes de dados foi baseada no procedimento proposto por Louviere *et al* (2000). Inicialmente, foram estimados modelos logit multinomiais (MNL) separadamente para as respostas PD de Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, permitindo a cada um ter seus próprios parâmetros (ou seja, interceptos e coeficientes) e variabilidade de erro. Posteriormente, foram representados graficamente os parâmetros estimados para ambas as respostas ( $\theta^{RJ}$  e  $\theta^{RS}$ ) para analisar se eles diferem apenas por um escalar multiplicativo, igual à inclinação da reta para os pares de valores dos coeficientes, ou não. Em uma terceira etapa, ambas as respostas foram combinadas, admitindo utilidade sistemática igual, mas variabilidade dos erros diferentes, estimando modelos MNL para o conjunto de dados combinado (Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul). A suposição de igualdade de parâmetros realizada foi verificada com o teste da razão de verossimilhança (Ben-Akiva e Lerman 1985) (Equação 3):

$$LR = -2 * [L_{RJ/RS} - (L_{RJ} + L_{RS})] \quad (3)$$

Onde  $L_{RJ/RS}$  é o valor de máxima verossimilhança correspondente ao conjunto de dados combinado,  $L_{RJ}$  é o correspondente aos dados de Rio de Janeiro e  $L_{RS}$  aos de Rio Grande do Sul. Este teste estatístico é assintoticamente distribuído qui-quadrado com  $(K + 1)$  graus de liberdade, sendo  $K$  o número de parâmetros comuns a ambos os conjuntos de dados. O resultado indica se a hipótese de igualdade de parâmetros é verificada ou não. Assim, se o LR foi maior que o valor crítico de  $\chi_k^2$  para o nível de confiança requerido (95%), o teste foi rejeitado e o atributo comum a ambos conjuntos de dados foi retirado do conjunto de atributos comuns  $X$  e este foi especificado com um parâmetro diferente em cada conjunto de dados. O procedimento foi repetido para aqueles parâmetros que podiam ser considerados comuns a ambos os conjuntos (aqueles mais próximos da linha reta) e verificada a igualdade através do teste da razão de verossimilhança. Os parâmetros do modelo foram obtidos maximizando a função de verossimilhança, nesse caso não linear devido à inclusão do fator de escala  $\mu$  multiplicando o resto dos parâmetros na função de utilidade de RS, utilizando o software Biogeme (Bierlaire, 2003).

Inicialmente, foram estimados modelos logit multinomiais para cada conjunto de dados e para os dados RJ e RS combinados. O modelo MNL (McFadden, 1974) é um dos de escolha discreta modelos mais simples e também o mais utilizado. Ele se baseia na hipótese que o termo aleatório da função utilidade é identicamente e independentemente distribuído conforme uma distribuição de Gumbel (Valor Extremo tipo I). Essa suposição para a distribuição de resíduos é bastante simplista, uma vez que dependem da hipótese de independência e homocedasticidade dos resíduos (Ben-Akiva *et al.*, 2003). A probabilidade do MNL pode ser expressa como (Equação 4):

$$P_{jq} = \frac{e^{\lambda V_{jq}}}{\sum_{\forall i \in A(q)} e^{\lambda V_{iq}}} \quad (4)$$

Para superar as limitações do MNL, estruturas mais flexíveis foram testadas: modelos logit mistos de coeficientes aleatórios (ML-RC) e modelos logit misto de componentes de erro (ML-EC). Os primeiros permitiram considerar que os coeficientes dos atributos das alternativas variem na população seguindo alguma distribuição probabilística. As distribuições testadas foram normal, lognormal e triangular. Supondo essas distribuições o modelo devolveu os estimadores dos parâmetros que definem essa distribuição, tais como média e variância. Os segundos modelos, ML-EC, permitiram incluir o efeito painel (correlação entre dados do mesmo indivíduo), agregando um termo adicional que representou esse efeito.

Os parâmetros estimados foram utilizados para o cálculo do valor subjetivo do tempo de viagem (VOT) para Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, que representa a disposição ao pago dos embarcadores de carga por reduzir o tempo de viagem em uma unidade. O cálculo foi realizado considerando a taxa marginal de substituição entre o tempo de viagem e o custo (equação 5) (Ortúzar e Willumsen, 2011):

$$VOT = \frac{\partial V_i / \partial Tempo_i}{\partial V_i / \partial Custo_i} \quad (5)$$

Ao especificar uma função de utilidade linear como a dada por (2), a expressão (4) se reduz ao quociente entre o parâmetro do tempo e o do custo.

#### 4. DADOS

##### 4.1 DETERMINAÇÃO DO TIPO DE CARGA E DA AMOSTRA

A determinação do tipo de carga buscou identificar os produtos mais representativos de cada estado. No RJ, foram analisados os produtos presentes na categoria de Carga Geral: 1) Máquinas e Equipamentos; 2) Alimentos e Bebidas; 3) Fármacos, Higiene e hospitalar e 4) Outros. Estes quatro tipos de produtos correspondem a cerca de 85 % do fluxo de Carga Geral entre os Estados de Rio de Janeiro e São Paulo, sendo portanto selecionados para o estudo (PELC, 2015b). Seguindo seleções adotadas por Masiero e Hensher (2010, 2012); Feo-Valero *et al.* (2016); Fridstrom e Madslie (1995), a pesquisa no Rio buscou entrevistar empresas de grande porte, nas seguintes categorias: 1) produtores e distribuidores, e 2) empresas no setor de atacado que operam em longas distâncias. No total, 35 empresas receberam os questionários, 26 empresas responderam. As 26 empresas estão distribuídas por 4 setores da Carga Geral: Alimentos e Bebidas (11); Fármacos, higiene e hospitalar (5); Máquinas e Equipamentos (4); e Outros (6). Questionários online foram enviados entre Agosto e Setembro de 2016.

No RS, a determinação do tipo de carga foi realizada em dois estágios: embarcadores e produtos. Inicialmente foram selecionados os possíveis embarcadores, considerando a diversidade de cadeias produtivas, tipo de carga a transportar, volume transportado, valor econômico e destino final da carga (estadual, nacional ou internacional). A seleção foi obtida combinando informações de duas fontes: (i) Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior, 2014); e (ii) Ranking Empresarial Grandes (Amanhã, 2014). Os tipos de produtos selecionados foram

aqueles com alta densidade de transporte, que representam no mínimo 80% do conjunto de produtos gerados no Estado. Além disso, foram incluídos os produtos mais representativos na balança comercial do Estado e os produtos que possuem baixo valor agregado, mas que têm importância estratégica para a economia estadual. Dessa forma, foram selecionados 22 produtos, sendo os mais importantes: calçados, soja, tabaco, veículos, carne congelada, produtos químicos e couro. Um total de 50 empresas foram entrevistadas, realizando a pesquisa com os gerentes logísticos entre Janeiro e Março de 2015.

## 4.2 PROJETO EXPERIMENTAL

### 4.2.1 SELEÇÃO DE ATRIBUTOS E NÍVEIS

A seleção dos atributos foi baseada na revisão da literatura de artigos internacionais e nacionais relevantes no tema de estudo (Cullinane e Toy, 2000; Danielis e Marcucci, 2007; Feo *et al.*, 2011; Guy e Urli, 2006; Hoffman, 2000; Malchow e Kanafani, 2001, 2004; Martins *et al.*, 2005; Nir *et al.*, 2003; Novaes *et al.*, 2006; Shinghal e Fowkes, 2002; Tongzon, 2009) Adicionalmente, informações provenientes de pesquisas com os embarcadores de cada estado foram utilizadas para complementar as informações da literatura, de forma de representar de forma mais adequada às particularidades de cada estado.

No RJ, seis atributos foram considerados: (i) *Custo total da viagem* (custo no veículo, transbordo, carga/descarga, armazenagem); (ii) *Tempo total da viagem* (no veículo; carga/descarga, transbordo, espera); (iii) *Serviço* (tipo de serviço: porta a porta ou modal a modal), (iv) *Confiabilidade* (entregas realizadas dentro do prazo estipulado), (v) *Disponibilidade* (modo disponível ano inteiro ou entre safras) e (vi) *Risco de Roubo de Carga*. As alternativas modais consideradas foram aquelas que representam o transporte no estado e que se observa *trade-off* entre as mesmas: (i) Rodoviário e (ii) Ferroviário.

No RS, quatro atributos foram considerados: (i) *Custo total da viagem* (custo no veículo, transbordo, carga/descarga, armazenagem); (ii) *Tempo total da viagem* (no veículo; carga/descarga, transbordo, espera); (iii) *Confiabilidade* (% de envios que cumprem o prazo de entrega) e (iv) *Atraso maior que 2 dias* (% dos envios que chegam dois ou mais dias após a data acordada). Os últimos dois atributos, relativos ao prazo de entrega, foram definidos para capturar a não linearidade da variável. Nesse caso, as alternativas modais consideradas para indicação de preferência das empresas pesquisadas foram: (i) Rodoviário, (ii) Intermodal ferroviário, (iii) Intermodal hidroviário. A Tabela 1 apresenta os atributos e níveis considerados nas pesquisas de RJ e RS.

A determinação de cada nível foi baseada em informações de cada estado. No RJ, foi baseada a partir de informações fornecidas pela Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro. No RS, foi baseada em informação obtida das empresas embarcadoras, do estudo Rumos 2015 (2006) e de dados da rede georeferenciados e processados com um Sistema de Informações Geográficas (GIS). O software utilizado para mapeamento e análise de dados Gis foi o Transcad (Caliper, 2012).

#### 4.2.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO EXPERIMENTAL

O projeto experimental foi estruturado a partir de projetos ortogonais para o Rio de Janeiro e projetos eficientes para o Rio Grande do Sul. No RJ, devido à indisponibilidade de informações prévias necessárias para um projeto eficiente, foi elaborado um projeto fatorial fraccionado, obtendo 16 situações de escolha. Para reduzir possíveis efeitos de fadiga dos respondentes, o projeto foi dividido em dois questionários. Os questionários foram apresentados de forma sequencial. Cada empresa respondeu um questionário, com 8 situações de escolha em cada um.

**Tabela 1:** Atributos, e os níveis correspondentes para cada modo de transporte

ESTADO	ATRIBUTO	RODOVIÁRIO	FERROVIÁRIO	HIDROVIÁRIO
<b>RIO DE JANEIRO</b>	<i>Custo</i> (nível de custo logístico).	100 R\$/ton	60% ou 90% dos valores do modo rodoviário	
	<i>Tempo</i> (horas)	6 horas	20% ou 60% maior que o tempo do transporte rodoviário	
	<i>Nível de Serviço</i>	Porta a Porta	Porta a Porta ou Modal a Modal	
	<i>Confiabilidade</i> (das entregas realizadas no prazo)	100 %	70% ou 90% das entregas realizadas no prazo estipulado	
	<i>Disponibilidade</i>	Todo o ano	Período entre safras ou todo o ano	
	<i>Roubo de Carga</i>	Provável ou Pouco Provável	Pouco Provável	
<b>RIO GRANDE DO SUL</b>	<i>Custo</i> (R\$/100)	Nível atual, +5%, -5%	Nível atual, +5%, -5%	Nível atual, +5%, -5%
	<i>Tempo</i> (horas)	Nível atual, +12%, -12%	Nível atual, +12%, -12%	Nível atual, +12%, -12%
	<i>Confiabilidade</i> (%)	75, 85, 90	75, 85, 90	75, 85, 90
	<i>Atraso maior que 2 dias</i> (%)	5,10,15	5,10,15	5,10,15

No RS, o projeto experimental foi estruturado usando um desenho eficiente (Rose e Bliemer, 2009) e implementado em NGene (Choice Metrics, 2013). O desenho eficiente foi utilizado para gerar estimativas de parâmetros com erros padrão tão pequenos quanto possível. Os erros padrão foram determinados através da matriz de variância-covariância (AVC), baseados na experiência subjacente e algumas informações prévias sobre as estimativas dos parâmetros. A medida de eficiência utilizada foi o D-erro, que é o determinante da matriz de AVC, para apenas um indivíduo. O objetivo da elaboração do projeto é minimizar este erro de eficiência e obter um design D-ótimo (com o menor D-erro) (Rose e Bliemer, 2009). Com o objetivo de personalizar o desenho da pesquisa, as empresas demandantes de carga pertencentes à amostra foram agrupadas em segmentos conforme produto e semelhanças nas características do envio. As empresas foram estratificadas em 6 categorias e elaborado um desenho para cada

categoria. Detalhes da elaboração do projeto de Rio Grande do Sul podem ser encontrados em Larranaga *et al.* (2016). Foram definidas 18 situações de escolha a serem apresentadas às empresas pesquisadas. Essa quantidade foi definida seguindo os seguintes critérios: tamanho da amostra, natureza da escolha estudada, e graus de liberdade (número de situações de escolha não deve ser inferior aos graus de liberdade do experimento).

O método adotado para a indicação de preferência das empresas pesquisadas em ambos os estados, em relação às alternativas apresentadas, foi o método de escolha (*choice*) entre as alternativas modais apresentadas para cada Estado (2 alternativas modais para RJ e 3 alternativas para RS). A Figura 1 mostra um exemplo do questionário aplicados para RJ e RS, respectivamente.

A empresa está enviando 20 pallets de produtos à uma distância acima de 350 Km. Nessas condições, avalie as características dos dois meios de transporte no 1º cenário, e seleccione qual seria a opção da empresa:

**1º Cenário**

	Rodoviário	Ferrovário
Custo	RS 100/tonelada	RS 60/tonelada
Tempo	T (6 horas)	1,2*T (7 h e 20 min)
Serviço	porta a porta	modal a modal
Confiabilidade	100%	90%
Disponibilidade	todo o ano	todo o ano
Risco de Roubo de Carga	Provável	Pouco Provável

Qual opção a empresa escolheria? \*

Rodoviário

Ferrovário

---

Consortio  

**Plano de Logística e Transportes do Rio Grande do Sul PELT - RS**

Solicitamos que nos indique qual alternativa preferiria:

Obs: O volume de envio considerado corresponde a 37 toneladas

Situação de escolha 8:

	Apenas rodoviário	Ferrovário mais rodoviário	Hidrovário mais rodoviário e/ou ferrovário
Custo total da viagem/envio	RS 1,700	RS 900	RS 1,000
Tempo total da viagem (inclui espera e transbordo)	7 hrs	10 hrs	25 hrs
% de envios que cumprem o prazo de entrega	90%	80%	80%
% dos envios que chegam 2 ou mais dias após a data acordada	5%	15%	10%

Escolha:

A       B       C

Figura 1: Exemplo de questionário respondido pelas empresas no RJ e RS

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa dos modelos foi realizada usando o software Biogeme (Bierlaire, 2003). A Tabela 2 apresenta os resultados dos modelos MNL estimados para cada conjunto de dados (RJ e RS) separadamente (Modelo 1 – MNL), os resultados dos modelos estimados para o conjunto agrupado de dados de RJ e RS, tanto o logit multinomial (Modelo 2-MNL) quanto o logit misto de componentes de erro que incluem o efeito painel (Modelo 3 – ML-EC (painel)).

Os atributos *Tempo*, *Custo* e *Confiabilidade* foram incluídos em ambas as pesquisas PD, de RJ e de RS. Assim, esses atributos poderiam ser considerados comuns a ambos os conjuntos de dados e representados na estrutura do modelo com o mesmo parâmetro, deferindo apenas por um fator de escala (conforme apresentado na equação 2). A Figura 2 apresenta o gráfico de confronto destes parâmetros (Modelo 1 – MNL da Tabela 2). O gráfico de confronto é utilizado para a identificação inicial dos parâmetros comuns a ambos conjuntos de dados (Louviere *et al.*, 2000). O gráfico sugere que os coeficientes de *Tempo* e *Custo* poderiam diferir apenas por um escalar multiplicativo, a relação entre eles se aproxima a uma relação linear. Entretanto, *Confiabilidade* se afasta da nuvem de pontos entorno da linha reta, sugerindo que este atributo deve ser considerado com parâmetro específico a cada conjunto de dados.

A partir da identificação inicial dos possíveis parâmetros comuns *Tempo* e *Custo*, foi estimado um modelo MNL para o conjunto de dados combinados (RJ e RS) e verificada a igualdade desses parâmetros utilizando o teste da razão de verossimilhança (Equação 3). O

valor do teste (LR) foi superior ao valor crítico da distribuição qui-quadrado (95% de confiança e 2 graus de liberdade), rejeitando a hipótese de igualdade de parâmetros em ambos conjuntos de dados. O procedimento foi repetido, considerando unicamente *Custo* como parâmetro comum a RJ e RS, obtendo um valor de LR de 0,02, menor que o valor crítico da distribuição (3.84). Os resultados são os apresentados na Tabela 2: Modelo 2- MNL.

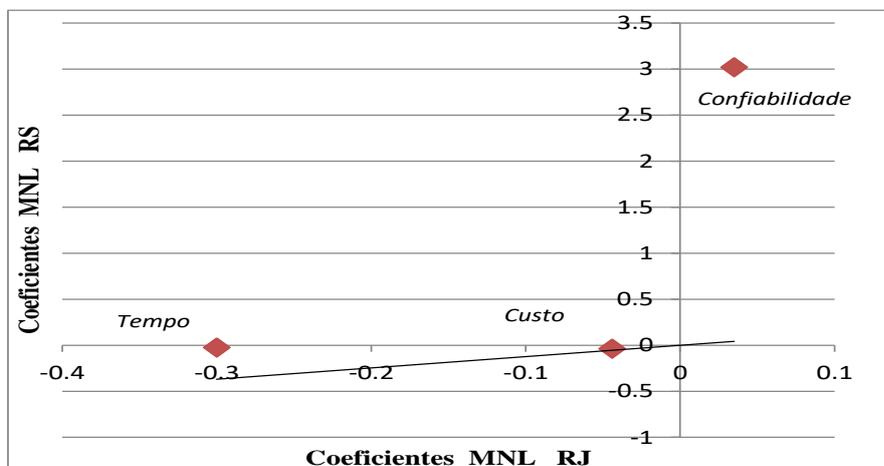
**Tabela 2:** Modelos estimados

Variável	MODELO 1 - MNL		MODELO 2 MNL	MODELO 3 ML-EC (PAINEL)
	RJ	RS	Combinando RJ e RS	Combinando RJ e RS
	Coeficiente (valor-p)	Coeficiente (valor-p)	Coeficiente (valor-p)	Coeficiente (valor-p)
<i>Atraso_maior_2dias</i>	-	-5,17 (0,00)	-6,14 (0,01)	-7,41 (0.10)
<i>Disponibilidade</i>	0,992 (0,03)	-	0,992 (0,03)	1,15 (0.10)
<i>Custo*</i>	-0,044 (0,00)	-0,037 (0,00)	-0,044 (0,00)	-0,053 (0.05)
<i>Confiabilidade RJ</i>	0,035 (0,04)	-	0,035 (0,04)	0,0459 (0.00)
<i>Confiabilidade RS</i>	-	3,02 (0,00)	3,58 (0,01)	6,42 (0.10)
<i>Serviço</i>	2,07 (0,00)	-	2,07 (0,00)	2,56 (0.00)
<i>Tempo RJ</i>	-0,30 (0,04)	-	-0,30 (0,04)	-0,394 (0.00)
<i>TempoRS</i>	-	-0,025 (0,04)	-0,030 (0,10)	-0,132 (0.09)
Constante rodoviário RJ	-0,855 (0,15)	-	-0,856 (0,15)	-1,14 (0.19)
Constante rodoviário RS	-	0,659 (0,05)	0,782 (0,08)	0,186 (0.80)
Constante ferroviário RS	-	0,442 (0,03)	0,524 (0,07)	0,432 (0.65)
Mu	-	-	0,843 (0,00)	0,838 (0.09)
Sigma_RJ	-	-	-	1,34 (0.00)
Sigma_RS	-	-	-	-3,65 (0.10)
No. Observações	208	1170	1378	1378
Draws	-	-	-	1500
Log-verossimilhança final	-106,89	1114,15	-1221,55	-1029,30
Pseudo-R <sup>2</sup>	0,22	0,13	0,14	0,28

\*Custo expresso em R\$/ton

A adição da heterogeneidade dos atributos medidos na amostra analisada foi incluída na estimação de modelo logit mistos de coeficientes aleatórios. Dessa forma, foi considerado que as percepções de custo, tempo, confiabilidade e demais características variavam entre as empresas pesquisadas. Os modelos de coeficientes aleatórios colapsaram aos de coeficientes fixos (Modelo 2- MNL), apresentando os mesmos resultados e indicando homogeneidade das empresas na percepção desses atributos. Assim, estes não foram apresentados na Tabela 2. Posteriormente, foi adicionado efeito painel estimando modelos mistos de componente de erro (Modelo 3 – ML-EC). O Modelo 3 apresentou um ajuste satisfatório (Pseudo-R<sup>2</sup>=0.28). O fator de escala (Mu) foi significativamente diferente de 1 (90% de confiança) indicando a diferença de escala entre os parâmetros estimados para RJ e RS. O desvio-padrão dos componentes de erro para RJ e RS (Sigma RJ e Sigma RS), os quais representam o efeito painel, foram significativamente diferente de 0 (90% de confiança), verificando a correlação

entre respostas da mesma empresa. A escolha do modelo mais adequado entre o MNL e o ML- EC foi baseada no teste de Razão de Verossimilhança (Ben-Akiva e Lerman, 1985), selecionando o ML- EC (Modelo 3).



**Figura 2:** Representação dos coeficientes estimados para atributos comuns a RJ e RS

Assim, analisando o Modelo 3, é possível observar que as constantes modais não foram significativamente diferentes de zero para um nível de confiança de 95%. Portanto, não é possível comparar a propensão de escolha entre os modos. Os sinais obtidos para os parâmetros são consistentes com a teoria microeconômica e supostos prévios.

Analisando os coeficientes estimados, é possível observar que os coeficientes das variáveis analisadas são significativamente diferentes de zero (para 90% e 95% de confiança). O sinal negativo de *Custo*, *Tempo\_RJ*, *Tempo\_RS*, *Atraso\_maior\_2dias* indica que a utilidade dos modos decresce com incrementos no tempo, custo e atrasos importantes (maiores que dois dias). Conforme esperado, as empresas buscam minimizar os tempos e custos relacionados ao transporte da carga, reduzindo também o atraso nos envios. O sinal positivo das variáveis *Confiabilidade* e *Disponibilidade* e *Serviço* indica que aumentos no percentual de envios que cumprem o prazo de entrega, na disponibilidade do modo no decorrer do ano e o tipo de serviço porta a porta aumentam a utilidade dos modos. As empresas demandantes de carga valorizam significativamente o cumprimento do prazo estipulado e penalizam mais ainda atrasos significativos, mostrando este efeito nas preferências da escolha do modo de transporte. Em oposição ao esperado, *Risco de Roubo de Carga* não foi significativamente diferente de zero (nível de confiança de 90%) em todos os modelos estimados.

### 5.1 VALOR SUBJETIVO DO TEMPO DE VIAGEM

Os parâmetros estimados do modelo ML-EC (Modelo 3) foram utilizados para o cálculo do Valor Subjetivo do Tempo para RJ e RS, conforme a equação 4 apresentada anteriormente. O valor do tempo estimado para Rio de Janeiro foi de R\$/t. h 7,43 (1.7 Euros/t.h) e para Rio Grande do Sul foi de R\$/t. h 2,49 (0.7 Euros/t.h). O VOT para RJ foi quase 3 vezes maior do que para RS, indicando que os embarcadores de RJ apresentam uma disposição ao pago por reduzir uma hora no tempo de viagem três vezes maior do que os embarcadores de RS. Esse resultado provavelmente é devido ao tipo de carga transportado. No RS, os produtos transportados são principalmente commodities, produtos de menor valor agregado que aqueles transportados no Rio de Janeiro. Os valores de tempo obtidos estão dentro do intervalo de

variação das pesquisas reportadas na literatura e compilados e representados graficamente numa linha de valores de tempo no estudo de Larranaga *et al.* (2016), os quais variam entre 0.03 (Euros/t.h) (Widlert e Bradley, 1992, estudo realizado na Suécia) e 2.88 (Euros/t.h) (Beauthe e Bouffieux, 2008; desenvolvido na Bélgica).

## 6. CONCLUSÃO

Este estudo analisou o processo de escolha de modo de transporte por parte das empresas com operação de transporte nos Estados do Rio Grande do Sul e do Rio de Janeiro estimando modelos de escolha discreta a partir de dados de preferência declarada. Os resultados evidenciaram e quantificaram o impacto nas preferências das empresas embarcadoras de carga de minimizar tempos, custos relacionados ao transporte da carga e atraso nos envios de mercadoria. Adicionalmente, mostraram e quantificaram o impacto que aumentos no percentual de envios que cumprem o prazo de entrega, na disponibilidade do modo no decorrer do ano e o tipo de serviço porta a porta aumentam apresentam na escolha do modo.

Os resultados mostraram a complementariedade dos dados de Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, permitindo estimar modelos mais precisos combinando as informações de ambos os Estados. Características de custo são percebidas de forma similar por embarcadores de carga de ambos os estados, entretanto características de confiabilidade e de tempo de viagem mostraram ser percebidas de forma diferente.

Os valores de tempo obtidos contribuem na elaboração de valores de referência para o transporte de carga no Brasil. Estudos futuros desenvolvidos em outros estados contribuirão nesse sentido. Essas medidas são valiosas na elaboração de políticas de transporte e aplicações de planejamento do transporte de carga no país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amanhã, 2014. *Ranking 500 maiores empresas do Sul*. Disponível em: <http://www.amanha.com.br/grandes20anos/metodologia.php>
- Ben-Akiva, M. e Lerman, S. R. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and application to travel demand*. New Jersey, MIT Press.
- Ben-Akiva, M. E., e Morikawa, T. (1990). Estimation of switching models from revealed preferences and stated intentions. *Transportation Research Part-A*, 24 (6), 485-495.
- Ben-Akiva, M., Bolduc, D, Walker, J. (2003). Specification, Identification, and Estimation of the Logit Kernel (or Continuous Mixed Logit) Model. *Working Paper, 5th Invitational Choice Symposium*, Asilomar, California Brownstone, D., K.E.
- Beuthe, M., Bouffieux, Ch., 2008. Analysing qualitative attributes of freight transport from stated orders of preference experiment. *J. Transp. Econ. Policy* 42,
- Bierlaire, M., 2003. BIOGEME: a free package for the estimation of discrete choice models, Switzerland. In: *3rd Swiss Transportation Research Conference*.
- Bontekoning, Y.M., Macharis, C. e Trip, J.J. (2004). Is a new applied transportation research field emerging?– A review of intermodal rail-truck freight transport literature. *Transportation Research –A*, 38:1-34.
- Bradley, M. A.; e Daly, A. J. (1994). Use of the logit scaling approach to test rank-order and fatigue effects in stated preference data. *Transportation* 21(2), 167-184.
- Brooks, M. R. e Trifts, V., 2008. Short sea shipping in North America: understanding the requirements of Atlantic Canadian shippers. *Maritime Policy e Management* 35, 145-158.
- Chiara, B.D., Deflorio, F.P. e Spione, D., 2008. The rolling road between the Italian and French Alps: modeling the modal split. *Transportation Research Part E* 44, 1162–1174.
- Choice Metrics, 2013. *Ngene 1.1 User Manual and Reference Guide*. Choice Metrics.
- CNT. *BOLETIM ESTATÍSTICO*. Janeiro/2018.
- Cullinane, K. e Toy, N., 2000. Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: a content analysis. *Transp. Res. Part E* 36 (1), 41–53.
- Danielis, R. e Marcucci, E., 2007. Attribute cut-offs in freight service selection. *Transport. Res. Part E: Logist. Transport. Rev.* 43, 506–515.

- De Jong, G., Kouwenhoven, M., Bates, J., Koster, P., Verhoef, E., Tavassey, L. e Warffemius, P., 2014. New SP-values of time and reliability for freight transport in the Netherlands. *Transportation Research Part E* 64, 71–87
- Domencich, T. e D. McFadden (1975). *Urban travel demand: a behavioural analysis*. Amsterdam: North Holland.
- Feo, M., Espino, R. e Garcia, L., 2011. A stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe Motorway of the Sea. *Transport Policy* 18, 60–67.
- Feo-Valero, M., García-Menéndez, L., e Saz-Salazar, S. (2016). Rail freight transport and demand requirements: an analysis of attribute cut-offs through a stated preference experiment. *Transportation* 43(1), pp. 101-122
- Fridstrom, L. e Madslie, A. (1995), A Stated Preferences Analysis of Wholesalers Freight Choice, *Working Paper*, Institute of Transport Economic, Norway, September
- Guy, E. e Urli, B., 2006. Port selection and multicriteria analysis: an application to the Montreal-New York alternative. *Maritime Econ. Logist.* 8 (2), 169–186.
- Hoffman, J., 2000. El potencial de puertos pivotes en la costa del Pacífico sudamericano. *Revista de la CEPAL*, 71.
- Larranaga, A.M., Arellana, J. e Senna, L.A. (2016). Encouraging intermodality: A stated preference analysis of freight mode choice in Rio Grande do Sul, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- Louviere, J., Hensher, D.A. e Swait, S. *Stated choice methods: analysis and application*, Cambridge University Press, Cambridge (2000).
- Jiang, F., Johnson, P, eCalzada, C. Freight demand characteristics and mode choice: an analysis of the results of modeling with disaggregate revealed preference data. *Journal of Transportation and Statistics*, 2 (2) (1999), pp. 149-158
- Konishi, Y., Mun, S., Nishiyama, Y. e Sung, J., 2014. Measuring the Value of Time in Freight Transportation, *RIETI Discussion Paper*, 14-E-004. <<http://www.rieti.org/discussion/papers/14-E-004>>
- Malchow, M.B. e Kanafani, A., 2001. A disaggregate analysis of factors influencing port selection. *Maritime Policy Manage.* 28 (3), 265–277.
- Martins, R.S., Lobo, D.S. e Pereira, S.M., 2005. Atributos Relevantes no Transporte de Granéis Agrícolas: Preferência Declarada pelos Embarcadores. *Rev. Econ.Agríc. Agron.* 3 (2), 173–192.
- Masiero, L e Hensher, D.A. Analyzing loss aversion and diminishing sensitivity in a freight transport stated choice experimente. *Transportation Research Part A* 44 (2010) 349–358
- McFadden, D. (1974). The measurement of urban travel demand. *J. Public Econ.* 3, 303–328.
- Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior, 2014. *Aliceweb-Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior*. <<http://alicesweb.mdic.gov.br/>> (Acesso: 10/10/2014).
- Nir, A.S., Lin, K. e Liang, G.S., 2003. Port choice behaviour – from the perspective of the shipper. *Maritime Policy Manage.* 30 (2), 165–173.
- Noavaes, A.G., Gonçalves, B., Costa, M.B. e dos Santos, S., 2006. Rodoviário, ferroviário ou marítimo de cabotagem? O uso da técnica de preferência declarada para avaliar a intermodalidade no Brasil. *Transportes* 14 (2), 11–17. Rio de Janeiro, RJ.
- Nugroho, M.T., Whiteing, A. e de Jong, G., 2016. Port and inland mode choice from the exporters' and forwarders' perspectives: Case study — Java, Indonesia, *Research in Transportation Business & Management*.
- Ortúzar, J. D. e Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. 4. ed. Great Britain: John Wiley & Sons.
- PELC, 2015 (a). Relatório do Levantamento de Documentos, Dados e Informações e Mapeamento dos Ativos Logísticos Tomo III – Visão Atual dos Fluxos de Insumos e Produtos Principais. Novembro/2015. Rio de Janeiro.
- PELC, 2015 (b). Modelagens e projeções, teste do modelo e da montagem do banco de dados – Calibração do modelo e projeções. Dezembro/2015. Rio de Janeiro.
- Ravibabu, M., 2013. A nested logit model of mode choice for inland movement of export shipments: A case study of containerised export cargo from India. *Research in Transportation Economics*, 38, 91-100.
- Rose, J.M. e Bliemer, M.C.J., 2009. Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Rev.* 29, 587–617.
- Rumos 2015, 2006. Estudo sobre desenvolvimento regional e logística de transportes no Rio Grande do Sul/SCP-DEPLAN. Porto Alegre: SCP, 2006.5v.: tab.;graf., mapas.
- Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2018. *Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul*. <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/ferrovias>>.
- Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2015. *Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul*. <[http://www.scp.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=797&cod\\_menu=796&tipo\\_menu=INFRA&cod\\_cont\\_eudo=1346](http://www.scp.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod_menu_filho=797&cod_menu=796&tipo_menu=INFRA&cod_cont_eudo=1346)>.
- Shinghal, N. e Fowkes, A.S., 2002. Freight mode choice and adaptive stated preferences. *Transport. Res. Part E. Logist. Transport. Rev.* 38 (5), 367–378.
- Tapia, R.J., Senna, L.A.S., Larranaga, A. M. e Cybis, H. B. B. (2018). Joint mode and port choice for soy production in Buenos Aires province, Argentina. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.04.010>
- Tavasszy, L. e De Jong, G. (2014). *Modelling Freight Transport*. Elsevier Insights Series, Elsevier, London/Waltham MA.
- Vellay, C., e de Jong, G. A Simultaneous SP/RP Analysis of Mode Choice in Freight Transport in the Region Nord–Pas-de-Calais. RAND, Santa Monica, Calif., 2003
- Widlert, S. e Bradley, M., 1992. Preferences for Freight Services in Sweden, *Paper Presented at WCTR*, Lyon.