

O TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS: O CASO EUROPEU

LUÍS ROCHA NEVES COUTO MAIA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor António José Fidalgo do Couto

JUNHO DE 2008

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram sempre comigo e me apoiaram durante este longo trabalho, nomeadamente à minha família e aos meus amigos. Não farei uma lista das pessoas que mais proximamente me acompanharam no decorrer da elaboração desta tese, mas estou certo de que elas sabem quem são.

Não poderia deixar de referir, nestes agradecimentos, o professor António Couto que, como meu orientador, teve sempre o tempo e a paciência necessários para me ajudar a completar este trabalho, bem como uma constante boa disposição, nunca me deixando desanimar.

RESUMO

Este trabalho, tendo como objectivo o estudo do comportamento do transporte ferroviário de mercadorias na Europa, tem por meta a compreensão da dinâmica e interações com o contexto económico que este meio de transporte apresenta.

Em primeiro lugar foi feito um estudo sobre a evolução histórica do transporte ferroviário de mercadorias na Europa, tendo-se chegado à conclusão de que embora as últimas décadas tenham sido de franco declínio, vive-se actualmente um período de reformas e de forte dinamismo no sector, com consequências em geral muito positivas, perspectivando-se um futuro algo promissor para este modo de transporte.

Como peça fundamental do trabalho realizou-se um estudo econométrico em que se procurou estudar a relação entre o desempenho de diversas companhias ferroviárias europeias e um conjunto de variáveis independentes, nomeadamente variáveis económicas, geográficas, demográficas e relativas à infra-estrutura de cada país. Isto foi feito usando como função de referência uma função de produção do tipo Cobb Douglas, sendo que o método estatístico usado para calcular os coeficientes da função foi o método de mínimos quadrados em dois estágios (“*2SLS – 2 stage least squares*“, em inglês), tendo-se usado como suporte do cálculo o programa informático LIMDEP. Os dados de base em que se baseou o método abrangem um total de 27 países europeus, sendo esta base de dados composta por observações relativas ao período entre 1990 e 1999.

Os resultados obtidos deram quase todos dentro do esperado, sendo que os valores obtidos são concordantes com os apresentados noutros trabalhos publicados sobre o tema. A única excepção de relevo foi a variável relativa ao PIB per capita de cada país, que segundo os resultados obtidos tem uma influência negativa no desempenho do transporte ferroviário de mercadorias, o que contraria os resultados obtidos noutros estudos sobre o tema. Foram no entanto formuladas explicações plausíveis para este resultado, assim como para todos os restantes resultados obtidos.

As principais conclusões obtidas foram que um aumento da frequência dos comboios parece ser algo fulcral para o sucesso deste meio de transporte, assim como a operação numa maior extensão de rede (sugerindo uma possível viabilidade económica na construção de novas linhas) e a redução de tarifas. O investimento em infra-estruturas rodoviárias revela-se contraproducente para o modo ferroviário, sendo no entanto que um elevado grau de industrialização dos países é algo positivo. Quanto ao aumento do preço do petróleo, este apresenta-se como impulsor deste meio de transporte, o que é algo particularmente positivo na conjectura actual, em que o preço do petróleo tem vindo a subir rapidamente.

PALAVRAS-CHAVE: transporte, ferroviário, mercadorias, Europa, econometria

ABSTRACT

The purpose of this work is to study the behaviour of the rail freight industry in Europe, and its goal is to understand the dynamic and interactions between this mode of transport and the existing economic context.

First of all, a study about the past and the actual condition of the rail freight industry in Europe was made, and the conclusion was that although the last decades have been an agonising time for this mode of transport, we are living nowadays a period of big reforms and strong dynamism, which seems to have a very positive outcome, so the future looks promising for rail freight in Europe.

On the main part of this work, it was done an econometric study which tried to study the relation between the performance of several rail freight companies and a set of independent variables: economic, geographic and demographic variables and also some variables which are related to the infrastructure quality. This was done using as a reference function the Cobb Douglas production function, being that the statistical method used to calculate the function coefficients was a 2 stage least squares method. The program used to make the calculations was the econometrical software LIMDEP. The data in which the study was based was an yearly data set from 1990 to 1999 with information from 27 European countries.

The results attained were satisfactory and similar to other results from different works made in this theme. The only exception is the variable relative to the GDP per capita which, according to the results, has a negative influence on the performance of rail freight companies, which goes against the results obtained in other studies. However, reasonable explanations were given to all the results obtained, including this one.

The main conclusions of this study were that an increase in train frequency, as well as the construction of new rail lines and the reduction of prices seem to be some of the main ingredients for the success of this mode of transport. Also, the investment in road infra-structures was found to work against the success of rail freight, as opposed to a high degree of industrialization, which appears to be a good thing. To finalise, it was found that a rise in the oil price has a positive impact on the rail freight industry, which is something particularly good in the present time, where the oil price is continuously rising.

KEYWORDS: rail, freight, transport, Europe, econometric

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. HISTÓRIA E PANORAMA ACTUAL DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS NA EUROPA	3
2.1. O TRANSPORTE DE MERCADORIAS NO INÍCIO DA ERA DOS CAMINHOS-DE-FERRO	3
2.2. EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS NA EUROPA DURANTE O SÉCULO XX	6
2.3. PANORAMA ACTUAL DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS NA EUROPA	8
2.4. PANORAMA ACTUAL DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS NO RESTO DO MUNDO	11
2.5. PERSPECTIVAS PARA O FUTURO	13
3. ESTADO DA ARTE	15
3.1. ESTUDOS SOBRE A PROCURA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS	15
3.2. MODELOS DE REGRESSÃO USADOS	19
4. METOLOGIA E DADOS	21
4.1. INTRODUÇÃO AO MÉTODO DE ANÁLISE APLICADO	21
4.2. DESCRIÇÃO GENÉRICA DO TIPO DE DADOS A UTILIZAR	23
4.2.1. DESCRIÇÃO GENÉRICA E FONTES USADAS	23
4.2.2. ESPECIFICAÇÃO DO TIPO DE DADOS USADOS	24
4.3. BREVE DESCRIÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO	26
4.3.1. O MODELO USADO (2SLS)	26
4.3.2. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO MODELO	27

5. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO E RESULTADOS	29
5.1. INTRODUÇÃO, DESCRIÇÃO E EXPLICAÇÃO DAS VARIÁVEIS USADAS	29
5.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO	32
5.3. AVALIAÇÃO E CORRECÇÕES DE HETEROCEDASTICIDADE	35
5.4. RESULTADOS FINAIS	38
6. ANÁLISE DE RESULTADOS	41
6.1. ANÁLISE E EXPLICAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	41
6.1.1. ANÁLISE GENERALISTA DOS RESULTADOS OBTIDOS	41
6.1.2. ANÁLISE DETALHADA DE CADA VARIÁVEL	41
6.2. COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DE OUTROS ESTUDOS	49
7. CONCLUSÃO	51
BIBLIOGRAFIA	53
ANEXOS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Evolução da repartição do tráfego de mercadorias (1970-1994) na Europa dos 15.....	8
Fig. 2 – Exemplo de uma distribuição que apresenta heterocedasticidade	23
Fig. 3 – Gráfico do erro em função da variável LAGL.....	37
Fig. 4 – Gráfico resumo dos resultados finais.....	48

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Evolução do tráfego de mercadorias (1970-1994) na Europa dos 15.....	8
Quadro 2 – Resultados finais da regressão.....	38

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

PIB - Produto Interno Bruto

INTRODUÇÃO

O presente estudo visa analisar o comportamento do transporte ferroviário de mercadorias na Europa, com o objectivo de retirar conclusões que possam servir para melhorar o desempenho deste meio de transporte no futuro. Isto será feito começando por se fazer um estudo relativo ao panorama passado e actual deste meio de transporte, passando-se seguidamente à análise estatística do seu comportamento no passado, retirando daí conclusões que permitam compreender que medidas e condicionantes propiciam o melhor ou pior comportamento deste tipo de transporte no conjunto dos diferentes países em análise.

O método de análise utilizado, sobre o qual esta tese se vai debruçar, será um método econométrico, adoptando como função de referência a conhecida função de produção de Cobb Douglas devidamente linearizada, muito usada em aplicações económicas. Desta forma, esta função explicará a variação da procura nos diferentes países (variável dependente) em função de um vasto conjunto de variáveis independentes de vários tipos, como por exemplo o PIB per capita do país, o comprimento da rede ferroviária, a extensão e a qualidade da rede viária, entre muitas outras. Este tipo de análise, baseada num modelo agregado da procura, foi já usada em vários estudos sobre o tema, sendo por isso um método com provas dadas, e que pode ser correctamente interpretado e analisado.

Os resultados obtidos serão as elasticidades de cada uma das variáveis independentes em relação à variável dependente, isto é, o impacto que a variação de uma variável independente tem na variável dependente. Por exemplo: se uma variável independente X tiver uma elasticidade de 0,5, quer dizer que um aumento de 1% na variável X produzirá um aumento de 0,5% na variável dependente Y.

A partir destes resultados o impacto da variação das várias variáveis independentes será devidamente analisado e ponderado, sendo a partir destes valores que se irão retirar as mais importantes conclusões do trabalho. Isto será feito a partir da análise dos resultados obtidos, que permitirá discernir quais as variáveis independentes que são realmente significativas para explicar o desempenho do transporte ferroviário de mercadorias e quais aquelas que têm pouco ou nenhum impacto. Dentro das significativas haverá depois variáveis com um maior ou menor impacto, sendo que nalgumas este impacto será positivo, ao passo que noutras poderá ser negativo.

Tendo por base esses resultados, podem-se retirar importantes ilações sobre a importância de cada variável analisada no desempenho deste modo de transporte, o que tem grande interesse numa análise global deste tipo de transporte, servindo de base de decisão para deliberações políticas que visem melhorar o comportamento do transporte ferroviário de mercadorias. Por exemplo, se se chegasse à conclusão que a variável comprimento da rede de auto-estradas tinha um impacto negativo, então isso seria indicador de que uma boa maneira de incentivar o crescimento deste modo de transporte poderia ser a canalização de investimento usado na construção de auto-estradas para as infra-estruturas

ferroviárias ou incentivos a este meio de transporte, devido ao facto de uma melhor rede de auto-estradas ir incentivar o uso do transporte rodoviário, em detrimento do ferroviário.

O cálculo dos coeficientes da função de Cobb-Douglas será feito usando uma variante do método dos mínimos quadrados, que é o método dos mínimos quadrados em dois estágios (“*2SLS – 2 stage least squares*”, em inglês). Este é um método que evitará um dos grandes problemas relacionados com um método dos mínimos quadrados ordinário, que é a endogenia. O programa informático usado para a realização deste método será o LIMDEP, que é um programa pensado para este tipo de trabalhos de econometria (vertente da economia que mistura a economia com a estatística), sendo a ferramenta ideal para este tipo de trabalho.

Para uma melhor compreensão do transporte ferroviário de mercadorias, sobre o qual este trabalho se debruça, é essencial que se faça um estudo do panorama actual e do desenvolvimento passado deste transporte na Europa. Segue-se um capítulo dedicado a esta temática, dando seguimento a esta breve introdução.

2

HISTÓRIA E PANORAMA ACTUAL DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS NA EUROPA

2.1. O TRANSPORTE DE MERCADORIAS NO INÍCIO DA ERA DOS CAMINHOS-DE-FERRO

O uso do transporte sobre carris, está ligado, desde a sua origem, ao transporte de mercadorias, sendo que a sua utilização para o transporte de passageiros (maioritária hoje em dia, pelo menos no panorama europeu) foi algo que surgiu somente posteriormente. Já no antigo Egipto se usavam carris de madeira para o transporte de mercadorias, sendo que há relatos da utilização de transporte sobre carris na era moderna que datam do final do século XVII, em que se começaram a utilizar carris de madeira para fazer o transporte de minério nas minas, usando pequenos vagões sobre carris, recorrendo à tracção animal. O uso de vagões sobre carris tinha a grande vantagem de oferecer pouca resistência ao deslocamento, principalmente quando comparado com os veículos com rodas de madeira usados na altura para o transporte de mercadorias. As inovações foram posteriormente surgindo a um ritmo bastante elevado, sendo que ainda no século XVIII surgiram os primeiros carris metálicos (de ferro fundido ao início).

Os caminhos-de-ferro rapidamente se revelaram como um dos campos onde a máquina a vapor (que tinha sido inventada por Watt em 1765) poderia ser aplicada, tendo a primeira locomotiva a vapor sido inventada em 1804. A primeira utilização duma locomotiva foi numa mina, em 1808, puxando 6 toneladas a uma velocidade de 8km/h. Nos primeiros tempos da tracção a vapor houve vários acidentes, sendo no entanto que nada fez parar o progresso nesta área, tendo o primeiro serviço de passageiros sido inaugurado em 1825, no Reino Unido, entre Stockton e Darlington, a uma velocidade de 20km/h, puxando um peso total de 90 toneladas. Rapidamente começaram a surgir linhas de comboio por toda a Europa, tendo no entanto a primeira linha portuguesa sido inaugurada apenas em 1856, entre Lisboa e o Carregado. Houve também rápidas evoluções ao nível da tracção, sendo que o vapor rapidamente deixou de ser a única opção disponível (embora se tenha mantido durante muito tempo ainda como a que era maioritariamente utilizada), tendo o primeiro comboio eléctrico (Siemens) aparecido em 1879 e o motor Diesel sido inventado em 1893 por Rudolf Diesel.

O aparecimento dos caminhos-de-ferro foi algo que marcou profundamente o transporte na Europa e no mundo, sendo que o seu desenvolvimento ao longo do século XIX foi imparável, tendo esta sido uma época de ouro para este tipo de transporte. O seu desenvolvimento desde o seu aparecimento no primeiro terço do século XIX deu-se de maneira muito rápida, passando imediatamente a ter um papel primordial no desenvolvimento económico e no ordenamento territorial de todos os países europeus. Passa rapidamente a ser o modo dominante de transporte em todo o continente europeu, sendo que o

seu crescimento é acompanhado pelo declínio do transporte fluvial (que é substituído em grande parte por este novo meio de transporte), e pelo quase desaparecimento do transporte por estrada (usando tracção animal), que passa a servir unicamente para fazer os serviços locais, em coordenação com o transporte ferroviário. Em termos de tráfego total este meio de transporte vai assistir a um crescimento contínuo, atingindo o seu apogeu imediatamente antes do começo da 1ª guerra mundial.

Em termos de mercadorias, o modo ferroviário rapidamente se torna no principal meio utilizado para o transporte de mercadorias por terra na Europa. Antes do aparecimento deste meio de transporte, o transporte terrestre de mercadorias era dominado pelo transporte por estrada e fluvial, mas o caminho-de-ferro rapidamente se assume como o meio largamente dominante. Em França, em 1841 a repartição modal do transporte de mercadorias, em toneladas*km era de cerca de 65% para o transporte por estrada e 30% para o transporte fluvial, sendo que o meio ferroviário, ainda no seu início, não representava mais do que 5%. (Savy, et al., 1999) O crescimento da ferrovia foi enorme ao longo dos anos seguintes, sendo que em meados do século (1865), o modo ferroviário representava já cerca de 60% do total, sendo os restantes 40% repartidos quase igualmente entre o modo rodoviário e fluvial. No início do século XX, a fatia relativa ao modo ferroviário representava já 70% do total.

O caminho-de-ferro, fruto da revolução industrial em curso aquando da sua criação, teve um papel primordial na evolução económico-social que se deu ao longo deste período: fez baixar de maneira radical o custo do transporte tanto de pessoas como de mercadorias, bem como o tempo das deslocações. Foi também um forte instrumento de unificação territorial, tanto económica como política, tendo tornado possível pela primeira vez a criação de verdadeiros mercados integrados ao nível nacional: os produtos locais deixaram de estar protegidos da concorrência de produtos provenientes de sítios longínquos visto os custos e a velocidade de transporte terem sido reduzidos drasticamente. A diminuição dos custos do transporte ferroviário desde o seu início foi enorme, sendo que foi logo nos primeiros anos (desde o seu aparecimento até à década de 60 do século XIX) que os avanços foram mais notáveis. Veja-se o exemplo da França, onde desde 1841 até 1865 o preço do transporte ferroviário baixou para cerca de metade, sendo que desde a criação dos caminhos de ferro até aos dias de hoje, o preço deste transporte foi dividido por um factor de ordem 7. Esta redução de preço deveu-se à influência conjunta do progresso técnico, das economias de escala, da organização das redes ferroviárias e da concorrência de outros meios de transporte. Durante o século XIX as companhias de caminhos-de-ferro faziam parte da vanguarda do desenvolvimento económico, tanto ao nível do ponto de vista da técnica (a tecnologia ferroviária era algo “high tech” na época), como ao nível do financiamento e gestão.

No início do desenvolvimento dos caminhos-de-ferro, a sua construção e exploração era quase sempre feita por companhias privadas. O papel do estado na construção das novas linhas variava de país para país, podendo ir desde a simples regulação (de quais linhas deviam ser construídas e exploradas pelas diferentes companhias, etc.), passando por casos intermédios, como por exemplo em França, em que o estado pagava a aquisição dos terrenos, as terraplanagens, as obras de arte, as passagens de nível e as casas dos guarda das passagens de nível, ficando o resto a cargo das operadoras privadas, até aos casos em que o custo da construção era suportado integralmente pelo estado. O interesse das companhias privadas na construção e exploração das novas linhas de caminho de ferro no século XIX era algo natural e compreensível, tendo em conta de que o ramo ferroviário se tratava de algo revolucionário e em grande expansão na época. A maior parte das redes ferroviárias dos grandes países europeus ficaram repartidas entre várias companhias ferroviárias que controlavam as principais linhas, sendo que a nacionalização e unificação das redes europeias só se deu mais tarde, no decorrer do século XX.

Passando agora à descrição de um exemplo concreto, para que se compreenda melhor, através de um exemplo prático, como se deu a evolução dos caminhos-de-ferro no século XIX na Europa, vai-se

descrever o caso francês. É um bom exemplo visto tratar-se de um grande país europeu, aonde o desenvolvimento ferroviário se deu de uma maneira que pode ser considerada típica. Não será usado o caso de Portugal visto por um lado esta tese se debruçar sobre toda a Europa e não especificamente sobre o nosso país, e por outro lado devido ao facto de Portugal ser um país pequeno e periférico, onde o desenvolvimento dos caminhos de ferro foi tardio, sendo que por isso não pode ser considerado um exemplo típico.

Em França o desenvolvimento dos caminhos-de-ferro começou ainda na primeira metade do século XIX, sendo que as primeiras linhas eram usadas para o transporte de mercadorias, nomeadamente de carvão. A primeira linha a ser inaugurada foi a linha entre Saint-Étienne e Lyon, em 1830, sendo que era usada principalmente para o transporte de minério. O desenvolvimento das primeiras linhas fez-se de maneira bastante caótica e desorganizada, sendo que muitas vezes eram construídas apenas linhas relativamente pequenas para servir interesses locais ou regionais, não sendo pensadas a nível nacional. É só em 1842 que o estado francês cria e aprova legislação específica para regulamentar adequadamente a construção das linhas de caminho de ferro. É também por essa altura que o engenheiro Alexis Legrand concebe a chamada estrela Legrand, que consiste numa rede de caminhos-de-ferro em forma de estrela que ligasse Paris às principais cidades francesas, bem como às fronteiras e costas, sendo que também são consideradas linhas transversais importantes como por exemplo a linha Bordeaux Marselha. Este plano, demorou ainda cerca de 20 anos a ser posto em prática, mas representa o esqueleto do que ainda hoje é a rede ferroviária francesa. Em termos de quilometragem total das linhas, o aumento da extensão da rede francesa é bastante rápida, sendo que esta é de 573km em 1842, passando a 2190km em 1848, 3550 em 1851 e cerca de 9000km em 1859 (Doumayrou). É de notar que este rápido aumento da extensão da rede se deu independentemente do regime político em vigor (Monarquia, República ou Império), o que denota bem a inevitabilidade e o vigor do crescimento ferroviário na época.

Relativamente às companhias ferroviárias, surgiram muitas pequenas companhias no início do desenvolvimento deste novo meio de transporte, sendo que muitas vezes exploravam apenas uma linha. Com o passar dos primeiros anos, as companhias maiores foram absorvendo as mais pequenas, sendo que rapidamente se criou um pequeno grupo de grandes companhias que controlavam a quase totalidade do mercado. Em 1857 havia já 6 companhias que dominavam o panorama ferroviário Francês: *Compagnie de l'Est, du Nord, de l'Ouest, du Midi, Paris Lyon Méditerranée, Paris Orléans*. Ainda assim, continuaram a existir companhias pequenas, sendo que estas exploravam principalmente linhas com via estreita ou linhas de eléctrico, sendo que no entanto, não asseguravam mais do que uma pequeníssima fatia do tráfego total: cerca de 0.9% do tráfego ferroviário francês em 1865.

Em termos de mercadorias e passageiros transportados o aumento é também exponencial: em 1841 foram transportados 6 milhões de passageiros, sendo que em 1869 esse número era já de 111 milhões, chegando aos 308 milhões em 1893. Em termos de mercadorias, em 1857 foram transportadas 2 mil milhões de toneladas quilómetro nos caminhos-de-ferro francês, ultrapassando o valor das mercadorias transportadas pelas vias navegáveis interiores, tendo-se até falado na altura em abandonar completamente estas últimas.

Fica assim feito um breve apanhado ao início da história dos caminhos-de-ferro na Europa no início da era dos caminhos-de-ferro, tendo sido posto em destaque o caso francês devido ao facto de a França ser um bom exemplo de como os caminhos de ferro se desenvolveram num grande país europeu, e de o autor dispor de bastantes dados relativamente a este país.

2.2. EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO NA EUROPA DURANTE O SÉCULO XX

O século XX foi um período de grandes mudanças tanto para o mundo em geral, como para o panorama ferroviário em particular. O meio ferroviário entrou no século XX como o meio de transporte dominante, sem qualquer meio competidor à altura, mas esse panorama alterou-se totalmente ao longo deste século, nomeadamente com o aparecimento dos automóveis, assim como do transporte aéreo. Houve também profundas mudanças ao nível económico, sendo que a principal mudança no sector ferroviário foi a vaga de nacionalizações que se deu na primeira metade do século por toda a Europa, tendo-se geralmente dado uma fusão de todas as diferentes companhias privadas existentes à data numa única companhia nacional.

No início do século XX o transporte ferroviário assumia-se como o principal meio de transporte, sem que houvesse qualquer meio de transporte concorrente à altura. No entanto, a partir da 1ª Guerra Mundial dá-se um grande desenvolvimento dos motores a combustão interna, o que possibilita o aparecimento de todo o tipo de veículos motorizados (nomeadamente camionetas e camiões), que rapidamente passam a fazer parte da realidade europeia, e que se assumem como concorrentes do meio ferroviário. O desenvolvimento do parque automóvel foi enorme: veja-se o exemplo de França, em que entre 1920 e 1932 houve uma multiplicação por 8 do parque automóvel. Este aparecimento em força da concorrência rodoviária entre as duas grandes guerras, significou que a primeira metade do século XX foi um período de mudanças profundas no paradigma dos transportes, em particular para o transporte ferroviário. Às profundas mudanças políticas e económico-sociais (principalmente devidas às duas grandes guerras), juntou-se o aparecimento de uma concorrência à altura, tendo por isso o meio ferroviário sofrido consequências muito gravosas

O período imediatamente antes da 1ª Guerra Mundial pode ser considerado como o apogeu do transporte ferroviário, em termos de parte do tráfego total, tanto de passageiros como de mercadorias. Depois da primeira guerra, a precária situação económica dos diferentes países europeus e a concorrência cada vez mais importante do transporte rodoviário fizeram com que as companhias ferroviárias comesçassem a ter dificuldades económicas. Ainda assim, em geral as companhias europeias ainda conseguiram chegar a uma situação de equilíbrio financeiro na segunda metade dos anos 20, sendo que esse equilíbrio não durou muito tempo, tendo a crise de 1929 abalado novamente a economia mundial em geral, afectando também as companhias ferroviárias. A crise de 1929 teve repercussões ao longo dos anos 30, sendo que esta década também foi marcada por um aumento incessante da quantidade e qualidade da concorrência rodoviária: ao mesmo tempo que o parque automóvel de todos os países aumentava e melhorava, melhoravam também as redes de estradas. Durante os anos 30 houve investimentos avultados dos estados dos diferentes países europeus nas suas redes de estradas, para facilitar a movimentação do novo meio de transporte florescente na altura, que era o meio rodoviário. Na Alemanha, por exemplo, foi durante esta década que se começou a investir seriamente em auto-estradas, que eram vias de comunicação revolucionárias na altura (a primeira foi construída em Itália, ainda nos anos 20), pelo que se vê que o volume de investimento em infra-estruturas rodoviárias nesta altura era já muito significativo. Este aumento relevante da quantidade e qualidade da concorrência rodoviária, aliado à degradação económica vivida durante os anos 30 teve como consequência no meio ferroviário uma redução do tráfego tanto de passageiros como de mercadorias transportadas, sendo que o impacto foi bastante grande. Como exemplo da queda que houve nos volumes de tráfego ferroviário nos anos 30, veja-se o caso de França, em que o tráfego de passageiros foi de 30 mil milhões de passageiros quilómetro em 1925, tendo passado para 29 em 1930 e caído abruptamente para 22 em 1938. Em termos de mercadorias transportadas, o valor era de 41 mil milhões de toneladas quilómetro em 1925, tendo passado para 43 em 1930, sendo que depois caiu abruptamente, passando para 32 em 1938.

Esta crise generalizada que se abateu sobre as companhias ferroviárias europeias nos anos 30 fez com que em geral as diversas companhias deixassem de ser rentáveis, tendo havido uma tendência na Europa para que o estado de cada país se responsabilizasse pelo bom funcionamento do sistema ferroviário do país. Esta tendência é compreensível devido ao facto de muitas companhias nessa altura estarem a chegar a situações financeiras em que eram incapazes de cobrir os custos de exploração dos diferentes serviços, o que punha em causa o correcto funcionamento das redes de caminho de ferro dos diferentes países. Devido à importância fulcral que o bom funcionamento da rede de caminhos-de-ferro tinha para todos os países naquela época, é normal que os diferentes estados nacionais tenham tomado medidas para controlar a situação que se vivia na altura, sendo que isto culminou numa onda generalizada de nacionalizações das companhias de caminhos de ferro por toda a Europa, nos anos 30 e 40. Estas nacionalizações tiveram como consequência a fusão de todas as grandes companhias existentes em cada país numa única companhia nacional, dando-se uma uniformização e estandardização em toda a rede, o que foi algo claramente positivo. No entanto, a situação económica das diversas companhias nacionais europeias continuou a ser, desde a sua criação até ao final do século, em geral bastante precária, sendo que os estados impunham às companhias pesadas obrigações chamadas de interesse geral. As companhias eram obrigadas a oferecer um serviço com frequências e preços que respondiam não aos interesses de gestão das companhias mas sim ao que o estado estipulava serem os serviços mínimos aceitáveis para as populações e os preços máximos aceitáveis para que o modo ferroviário continuasse a ter uma função estruturante e unificadora do território. Isto queria dizer que as tarifas praticadas pelas companhias eram em geral muito inferiores aos custos reais, o que significava que havia consistentemente perdas, que eram colmatadas através da injeção de fundos por parte do estado.

Os desenvolvimentos descritos anteriormente significaram que o transporte ferroviário chegou ao início da 2ª Guerra Mundial já bastante debilitado em relação ao que tinha sido no seu apogeu, antes da 1ª Guerra. Após a guerra, o declínio deste meio de transporte continuou a dar-se, sendo que foi a partir dos anos 70 que o declínio se deu de maneira mais acentuadas. Desde a da 2ª Guerra Mundial até ao fim do século XX o papel do caminho-de-ferro no panorama dos transportes declinou constantemente em quase todo o mundo, sendo que este declínio se deveu principalmente à afirmação cada vez mais pronunciada do meio rodoviário. Na Europa, desde o início dos anos 70 até meados dos anos 90 houve um crescimento pronunciado do total de mercadorias transportadas no continente, mas esse crescimento foi absorvido quase integralmente pelo meio rodoviário, sendo que o meio ferroviário viu não só a sua fatia do tráfego total diminuir, como também o tráfego absoluto. Como se pode ver no quadro 1, o tráfego total de mercadorias transportadas pelos caminhos-de-ferro na Europa dos 15 entre 1970 e 1994 diminuiu 22.3%, ao mesmo tempo que o tráfego rodoviário subiu 146.2%. Isto significa que em termos de mercadorias estes foram anos de declínio para o meio ferroviário (diminuição do tráfego absoluto), tendo sido paradoxalmente anos em que o tráfego de mercadorias total aumentou significativamente. A explicação para isto é que este período foi um período em que a quantidade e qualidade do parque automóvel europeu aumentou significativamente, ao mesmo tempo que a qualidade da rede de estradas também aumentou drasticamente, tornando o modo rodoviário cada vez mais apelativo, em detrimento principalmente do modo ferroviário. Relativamente aos outros modos, observa-se que o transporte fluvial apresentou um crescimento bastante fraco, estando quase estagnado, sendo que apenas o transporte por gasodutos e oleodutos aumentou consideravelmente (+25.6%), fruto da construção de novas infra-estruturas e do crescente consumo de combustíveis na Europa, mas não representando ainda assim algo extremamente significativo no total do transporte de mercadorias no continente. A figura 1 apresenta em forma de gráfico a evolução descrita anteriormente no quadro 1.

Quadro 1 – Evolução do tráfego de mercadorias (1970-1994) na Europa dos 15 (milhares de milhões de toneladas-quilómetro) (Yang, 1997)

	1970	1975	1980	1985	1990	1993	1994	1970-1994
Transporte rodoviário	431	526	661	711	915	964	1061	+146,2%
Transporte ferroviário	283	259	287	275	255	205	220	-22,3%
Transporte fluvial	110	103	113	103	113	106	115	+5,0%
Gasodutos e oleodutos	66	79	92	71	71	82	83	+25,6%
TOTAL	890	967	1153	1160	1354	1357	1479	+65,5%

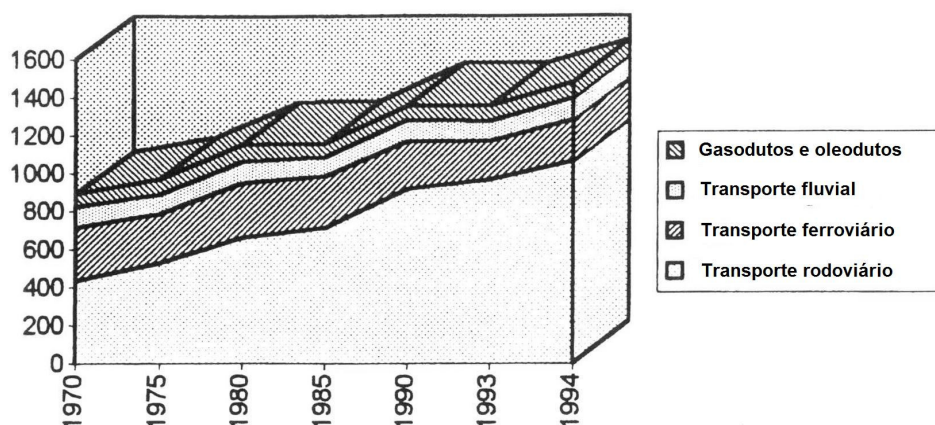


Fig.1 – Evolução da repartição do tráfego de mercadorias (1970-1994) na Europa dos 15 (milhares de milhões de toneladas-quilómetro) (Yang, 1997)

Este forte declínio do modo ferroviário só começou a ser seriamente combatido já no início dos anos 90, em que começaram a ser discutidas várias estratégias e a ser elaborados planos para contrariar esta tendência, nomeadamente ao nível da União Europeia. No entanto, como este é um processo que ainda está a dar-se em grande parte nos dias de hoje, será abordado apenas no capítulo seguinte.

Em resumo, pode dizer-se que o século XX foi em geral um período de declínio para o modo ferroviário, tanto em termos de transporte de passageiros como de mercadorias, sendo que a principal causa que contribuiu para isso foi o aparecimento e desenvolvimento do transporte rodoviário, principalmente na segunda metade do século.

2.3. PANORAMA ACTUAL DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS NA EUROPA

Actualmente, o panorama do transporte ferroviário Europeu encontra-se num importante período de mudanças e reformas, que teve o seu início no início da década de 1990. Foi nessa altura que começaram a ser tomadas medidas sérias, a um nível europeu, para que este meio de transporte invertesse a tendência de declínio que se vinha sentido desde meados do século XX (a quota de mercado do transporte ferroviário de mercadorias passou de 32% na Europa Ocidental e 51% na Europa de Leste em 1970 para 15% e 35% respectivamente em 2005 (CER, 2006)). Estas medidas visaram em geral uma abertura do mercado ferroviário à concorrência, passando as companhias

nacionais a operar num mercado livre e aberto à concorrência, e não sob a protecção do estado e na posição de monopólio que era habitual (e que incitava a um acomodamento e manutenção de velhos hábitos pouco económicos e pouco produtivos), procurando desta forma tornar o meio ferroviário mais dinâmico e produtivo.

Estas reformas começaram em 1991, quando o Conselho Europeu aprovou a directiva 91/440, que contemplava quatro grandes princípios: a independência dos caminhos-de-ferro no plano da gestão; a separação entre a gestão da infra-estrutura e as operadoras ferroviárias; a melhoria da situação financeira dos caminhos-de-ferro nacionais; a liberdade de acesso à infra-estrutura ferroviária. Esta directiva marca o início de uma etapa histórica para os caminhos-de-ferro europeus, que se está a desenrolar ainda hoje, visto implicar importantes mudanças na organização dos transportes ferroviários na Europa. Ainda que não sendo mais do que um primeiro passo na direcção da liberdade de acesso à rede ferroviária europeia, e que a sua aplicação tenha sido lenta e difícil, sendo que mesmo actualmente ainda não tenha sido aplicada na sua totalidade, esta directiva foi extremamente importante visto ter marcado o primeiro passo conceptual na direcção da liberalização do mercado ferroviário europeu.

A aplicação desta directiva nos variados países europeus foi implementada de formas muito variadas, sendo que para que se fique com uma ideia geral de como foi efectuada a sua aplicação, será aqui feita uma pequena observação do que foi realizado nos 3 mais importantes países europeus: Alemanha, França e Reino Unido. Em traços gerais, pode-se dizer que na Alemanha e no Reino Unido a aplicação desta directiva excedeu mesmo o que nela era estipulado, tendo havido uma separação completa entre a infra-estrutura e a exploração dos serviços comerciais, através da separação da companhia nacional em diferentes filiais na Alemanha e da privatização no Reino Unido. Em França, pelo contrário, a adopção desta directiva fez-se lentamente e não de maneira totalmente completa: actualmente, embora tenha havido uma separação e haja uma operadora encarregue da gestão da infra-estrutura (RFF), as gares continuam a ser propriedade da operadora nacional (SNCF), o que é claramente um contra-senso. Pode-se por isso dizer que mesmo após 17 anos, a directiva 91/440 ainda não foi aplicada na sua plenitude em todos os países europeus. Não se pode contudo falar em fracasso, visto em muitos países ter sido feita a sua correcta aplicação, e mesmo naqueles, como a França, em que a sua aplicação não foi feita na sua plenitude, foram feitos grandes avanços.

As reformas que foram sendo implementadas ao longo dos anos 90 e inícios de 2000 nos diversos países europeus tiveram um impacto positivo no panorama ferroviário europeu. Os benefícios desta liberalização crescente do panorama ferroviário europeu começaram a ser evidentes nos últimos anos, sendo que actualmente, pela primeira vez desde a 1ª Guerra Mundial, a quota de mercado relativa ao transporte ferroviário de mercadorias já não está em declínio. Estes resultados encorajadores são fruto de enormes reestruturações que se deram nas diversas companhias nacionais, devidas principalmente às novas legislações postas em prática e ao aparecimento da concorrência. Os ganhos em produtividade gerados por estas reestruturações foram significativos, sendo que nalguns casos, a produtividade da mão-de-obra subiu em 170% entre 1995 e 2005 (CER, 2006).

Embora a liberalização do mercado de transporte ferroviário de mercadorias tenha sido algo extremamente benéfico para este meio de transporte, tal como pode ser visto pela clara melhora nas prestações das diversas companhias ferroviárias de mercadorias europeias, não é no entanto suficiente para que este modo de transporte possa crescer no futuro. Há dois outros ingredientes chave que são necessários para um saudável crescimento deste modo de transporte e que precisam ainda de ser significativamente melhorados: providenciar uma infra-estrutura inter operável entre os diferentes países europeus com uma qualidade suficientemente elevada; ajustar a competição entre o modo ferroviário e o modo rodoviário de modo a que esta passe a ser efectivamente justa. Infelizmente a

atenção dada a estes dois pontos na política europeia de transportes é ainda insuficiente. Desta forma, a política europeia de transportes relativamente ao meio ferroviário pode ser perspectivada como algo assentando sobre 3 pilares fundamentais: um mercado ferroviário competitivo; competição justa entre os diferentes modos de transporte; existência de uma infra-estrutura ferroviária moderna e eficiente. Destes 3 pilares, apenas o primeiro é realmente forte, tendo sido muito melhorado durante os últimos anos, enquanto que os outros 2 permanecem muito negligenciados, principalmente o terceiro.

Em relação à competição entre os diferentes modos de transporte, constata-se que o meio ferroviário é ainda muito penalizado em relação ao modo rodoviário, não existindo ainda hoje uma competição verdadeiramente justa entre os dois modos. Isto deve-se por um lado ao facto de que as estradas são na sua maior parte de livre circulação, sendo que é o estado que suporta a sua construção e manutenção, enquanto que no meio ferroviário os operadores têm que pagar a utilização da infra-estrutura, não havendo, na maior parte dos casos contribuição estatal nesses custos. Por outro lado há também o facto de que os fortes impactos ambientais provocados pela circulação rodoviária, nomeadamente ao nível do ambiente, não serem tidos em conta nos custos desse modo. O modo ferroviário tem impactos muito mais reduzidos pelo que deveria ser compensado por este contributo, o que poderá facilmente ser efectivado através da introdução de taxas sob os efeitos ambientais nocivos de cada modo que reflectam o conceito de poluidor pagador. O panorama actual mostra que este será muito provavelmente o caminho seguido pelos diferentes países da Europa, sendo este princípio de poluidor pagador já actualmente aplicado na Suíça com grande sucesso. A introdução de taxas sobre o uso da infra-estrutura rodoviária bem como a adopção do princípio de poluidor pagador seriam duas medidas que tornariam a competição entre os diferentes meio de transporte muito mais justa do que é hoje em dia, em que o meio rodoviário é claramente beneficiado.

Quanto ao estado da infra-estrutura ferroviária europeia na actualidade, este é em geral relativamente mau, sendo que apenas as linhas principais se encontram realmente em bom estado, permitindo boas velocidades e estando adaptadas a um tráfego elevado, mas encontrando-se essas linhas em geral bastante saturadas, não havendo capacidade suficiente para lidar com uma procura crescente de tráfego ferroviário de mercadorias. As linhas principais encontram-se muitas vezes saturadas (principalmente por comboios de passageiros) particularmente em torno de pontos fulcrais como sejam as proximidades de grandes cidades ou troços de linhas particularmente importantes que apresentam um tráfego muito elevado. O problema da capacidade da rede ferroviária europeia é algo bastante sério e de difícil resolução, sendo que para ser resolvido serão necessários investimentos muito avultados, que requererão uma forte vontade política para serem feitos.

Existem ainda os problemas relativos à interoperabilidade entre as infra-estruturas ferroviárias dos diferentes países europeus. Devido ao facto de cada país ter desenvolvido a sua rede ferroviária de maneira independente, há hoje em dia muitos problemas de interoperabilidade que vão desde a existência de bitolas diferentes entre os diferentes países (casos da Península Ibérica ou da Rússia que têm bitolas diferentes do standard europeu), passando pela existência de sistemas de electrificação diferentes, e culminando no problema dos sistemas de sinalização. Várias soluções têm-se vindo a desenvolver para mitigação destes problemas, como sejam os comboios de bitola variável, comboios com uma alimentação multi-tensão ou a criação de um sistema europeu standard de sinalização (ERTMS). No entanto, este continua a ser um grande entrave para a livre circulação do transporte ferroviário de mercadorias entre os diferentes países europeus.

Para tentar mitigar os problemas referidos anteriormente nos últimos anos têm sido definidos projectos para a criação de corredores ferroviários estratégicos. Estes corredores foram definidos de modo a servirem como grandes eixos europeus de transporte ferroviário de mercadorias aonde a circulação internacional seja grandemente facilitada. A ideia base será criar extensos corredores (da ordem dos

milhares de quilómetros) estratégicos aonde a circulação ferroviária seja facilitada através da implementação de um sistema de sinalização standard (ERTMS), uniformização da infra-estrutura e uma gestão integrada das diferentes linhas por onde passa de modo a que haja uma capacidade suficiente para receber os comboios de mercadorias que queiram utilizar esses corredores. A adopção destes corredores ferroviários, ainda que estando ainda numa fase embrionária, parece dar sinais bastante positivos e será provavelmente algo que se desenvolverá no futuro.

Pelo descrito pode-se concluir que o transporte ferroviário de mercadorias é algo que actualmente se encontra num período positivo de franca melhora, mas que ainda muito precisa de ser feito para tornar este modo realmente competitivo de forma a que faça uma concorrência à altura do transporte rodoviário e possa vir a ganhar quota de mercado no futuro. Algumas das medidas que poderão contribuir para isso foram aqui apontadas, como sejam a introdução do princípio de poluidor pagador no transporte rodoviário e a criação e efectiva concretização de corredores ferroviários de mercadorias que tornem este meio de transporte cada vez mais competitivo.

2.4. PANORAMA ACTUAL DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS NO RESTO DO MUNDO

Embora este trabalho se debruce apenas sobre o transporte ferroviário de mercadorias na Europa, vale a pena estudar o que se passa nalguns dos mais importantes países do resto do mundo. Uma análise à situação do panorama ferroviário de mercadorias noutros lugares do globo permite que sejam feitas comparações e retiradas eventuais elações sobre o tipo de boas práticas existentes nos diversos países, que possam eventualmente ser aplicadas ao cenário europeu.

Enquanto que na Europa a situação do transporte ferroviário de mercadorias está a estabilizar (em termos de quota de mercado), este meio de transporte está a atingir níveis evolutivos de implementação na América do Norte, China e Índia. Em termos de quota de mercado de mercadorias transportadas, enquanto que na Europa Ocidental esta é de apenas 14%, ela é de 27% na América do Norte e de cerca de 32% na Índia e China (CER, 2006). De forma a estudar as semelhanças e as diferenças que apresentam quer o caso dos Estados Unidos da América, quer os da Índia e da China, relativamente à realidade europeia, ir-se-á analisar de seguida em mais detalhe o panorama de transporte ferroviário destes países. Os Estados Unidos da América são um exemplo prático do que as empresas ferroviárias de mercadorias podem alcançar num contexto conjectural de referência. Em comparação com estes países, os problemas deste meio de transporte na Europa são ainda mais claros, sendo também evidente que a solução para os problemas na Europa não poderá passar simplesmente por copiar as fórmulas de sucesso provenientes de outras partes do mundo.

Nos Estados Unidos, as empresas ferroviárias de mercadorias estão a operar num cenário com o qual as suas homólogas europeias podem apenas sonhar. Para começar, as distâncias médias de transporte são superiores a 2000 km, permitindo a este meio de transporte explorar da melhor maneira as suas vantagens em relação ao transporte rodoviário para o transporte de longa distância. Além disso, os comboios podem andar durante milhares de quilómetros sem que tenham que atravessar nenhuma fronteira nacional, o que quer dizer que não existem problemas relativos à interoperabilidade técnica, sendo a infra-estrutura estandardizada por todo o território. Em termos de vias fluviais navegáveis, só o Mississipi é que é relativamente importante, sendo que a concorrência ao modo ferroviário vindo do modo fluvial é negligenciável. Para juntar a isto tudo, o transporte de matérias-primas e contentores representa uma importante parte do mercado nos Estados Unidos, o que permite a formação de comboios completos dedicados a um só produto, o que é muito económico. Há também outra diferença fundamental em comparação com o que se passa na Europa, que é o facto de as empresas de transporte ferroviário de mercadorias serem as proprietárias das próprias redes de caminhos-de-ferro

onde operam. Isto significa que não têm de ter qualquer preocupação com a existência de tráfego de comboios de passageiros, além de que o tráfego em geral é muito menor do que na Europa, o que torna as operações muito mais simples. Isto tudo significa que a infra-estrutura ferroviária dedicada ao transporte de mercadorias nos Estados Unidos é geralmente menos complexa do que na Europa. Para somar a tudo o que já foi dito, refira-se também o facto de o comprimento máximo dos comboios de mercadorias nos Estados Unidos ser geralmente muito superior ao praticado na Europa, sendo que tanto o peso máximo por eixo admissível como o gabarit são também superiores. Isto permite que sejam operados comboios de contentores de dois andares (algo impossível de realizar na infra-estrutura europeia), resultando no facto de poderem ser operados comboios com uma capacidade total muito superior à dos comboios de mercadorias europeus.

A organização das empresas ferroviárias de mercadorias nos Estados Unidos é completamente distinta da realidade europeia. Nos anos 80 este meio de transporte foi desregulado (Stagger's Rail Act, aplicado em 1980), sendo que surgiram muitas empresas pequenas. No entanto, houve rapidamente um reagrupamento dessas pequenas empresas, formando companhias maiores, com as economias de escala daí decorrentes, sendo que hoje em dia o mercado é dominado por 4 grandes empresas (designadas da classe I), que controlam 80% do total do mercado ferroviário de mercadorias: CSX, Norfolk Southern, Union Pacific e Burlington Northern and Santa Fe Pacific. As diferentes empresas estão em competição, sendo que no entanto são também dependentes da cooperação entre elas, visto terem necessidade de usar infra-estruturas pertencentes a outras empresas quando os contratos de transporte assim o requerem. No entanto cada companhia controla genericamente uma área geográfica, o que significa que os conflitos não são muito importantes.

O que resulta destas condições óptimas para a exploração ferroviário de mercadorias no Estados Unidos é que as empresas ferroviárias são competitivas com o transporte rodoviário (particularmente para distâncias longas), ou mesmo claramente superiores. No entanto, actualmente começam a aparecer problemas de congestionamento na rede americana, nomeadamente ao longo dos principais corredores ferroviários, o que significa que para este meio de transporte continuar a crescer serão necessários investimentos importantes na infra-estrutura existente.

O caso da China é bastante distinto, sendo que o crescimento do modo ferroviário tem sido enorme nos últimos anos, havendo planos para no futuro próximo se construírem milhares de quilómetros de linhas novas. Existe um ministério dedicado exclusivamente aos caminhos-de-ferro, estando a companhia nacional (China Railways) inserida nesse ministério, sendo que a gestão é toda unificada e controlada pelo ministério. Há no entanto planos para uma reforma radical neste sector, de forma a criar 3 empresas independentes: uma empresa responsável pela infra-estrutura, outra pelo transporte de mercadorias, e uma terceira pelo transporte de passageiros. Será permitido o investimento estrangeiro nas empresas responsáveis pela infra-estrutura e pelo transporte de mercadorias, sendo que a construção de linhas novas e outras tarefas de apoio serão adjudicadas a empresas independentes. O ministério manterá no entanto o controlo sobre o transporte ferroviário nas rotas mais importantes. A tendência é no entanto para uma fragmentação e liberalização do mercado, tal como está a acontecer na Europa.

Por último analisa-se o caso da Índia, em que a companhia nacional (Indian Railways) é também controlada pelo estado, sendo que actualmente há planos para expandir significativamente a capacidade de transporte de mercadorias. O principal progresso que está previsto é o melhoramento da relação entre a capacidade e a tara dos vagões (para pelo menos 4:1), sendo que também terão de ser feitas importantes melhorias ao nível da qualidade geral da rede ferroviária, que precisa de ser modernizada. Por último estão previstos corredores ferroviários dedicados ao transporte de mercadorias, e um plano de racionalização a efectuar para tornar a empresa mais eficiente. O

investimento de privados é possível já desde 2004, sendo possível aos privados controlarem terminais ferroviários de transferência entre o modo ferroviário e outros modos, assim como o transporte de contentores por via ferroviária. No futuro serão também concedidas licenças de operação de linhas que sejam deficitárias a empresas privadas. Tal como nos casos descritos anteriormente, há também uma tendência actual para o investimento neste meio de transporte assim como para a sua abertura aos capitais privados.

Em resumo, pode-se dizer que a tendência actual na Europa para a abertura do modo ferroviário ao capital privado pode também ser observada no resto do mundo, sendo algo que parece ser unanimemente aceite como positivo. O caso aonde a conjectura económica é mais parecida com a europeia é sem dúvida o dos Estados Unidos, sendo no entanto que as condições para a operação de empresas de transporte ferroviário de mercadorias são muito mais favoráveis que na Europa, sendo por isso impossível reproduzir na Europa o bem sucedido modelo americano.

2.5. PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Actualmente o transporte ferroviário de mercadorias na Europa encontra-se num período de mudança, apresentando-se o futuro no entanto cheio de incógnitas mas também de oportunidades. Ninguém sabe o que acontecerá nos próximos anos neste domínio do transporte europeu, mas é possível conjecturar sobre quais os possíveis desenlaces do processo de liberalização e privatização que está actualmente em curso.

Do ponto de vista das operadoras, o caminho a seguir para um futuro promissor pode passar pela escolha ou combinação de duas actuações possíveis: uma genuína integração internacional e/ou uma especialização. O caminho da integração internacional assenta na aquisição, fusão ou cooperação entre companhias de modo a expandir as redes de transporte ferroviário de mercadorias de cada empresa através das fronteiras nacionais. Deste modo, uma só empresa ou conjunto de empresas em cooperação poderá oferecer um verdadeiro serviço internacional capaz de fazer transportes a grandes distâncias, aproveitando as vantagens que o transporte ferroviário apresenta sobre o rodoviário para essas distâncias. O caminho da especialização baseia-se na dedicação da empresa a um só sector do mercado, como por exemplo a tracção ou a manutenção, de modo a tornar-se especialista nesse sector e oferecer os seus serviços de modo competitivo a nível supranacional. A tradicional estrutura vertical das empresas parece contudo condenada ao fracasso, no panorama actual.

A tendência para a integração internacional é já notória particularmente nos países que se encontram localizados ao longo de importantes corredores ferroviários internacionais (por exemplo dos portos do Mar do Norte para o norte de Itália). Veja-se como exemplo a aquisição por parte da germânica Railion das companhias nacionais holandesas e dinamarquesas de transporte de mercadorias. O mercado de aquisições e fusões de companhias ferroviárias na Europa está actualmente muito activo e continuará sem dúvida a sê-lo no futuro. Há também oportunidades para companhias que apostem na especialização, como seja por exemplo a especialização no transporte de produtos químicos a uma escala europeia, ou a especialização em serviços locais, que façam o transporte desde os grandes terminais até aos destinos finais.

Há também que analisar quais serão as próximas oportunidades de crescimento para o meio ferroviário na Europa. É possível que uma importante oportunidade de crescimento se encontre para leste, na Rússia, Cazaquistão e China, sendo que estes e outros países da região se encontram actualmente a criar investimentos no sentido de melhorar a ligação ferroviária entre a Europa e os florescentes mercados asiáticos, nomeadamente o mercado chinês. Havendo uma importante melhora nas

condições da circulação ferroviária entre a China e a Europa, o transporte ferroviário poderá efectivamente apresentar-se como uma alternativa viável ao transporte marítimo. Isto é actualmente impossível devido a problemas de qualidade e capacidade da infra-estrutura, principalmente a Sibéria. Mas está a ser desenvolvido trabalho no sentido de resolver estes problemas, e no futuro será possível que haja comboios a fazer a ligação entre a China e outros países asiáticos e a Europa, podendo o transporte ferroviário absorver entre 10% e 20% do tráfego total que é hoje em dia transportado por mar.

Por fim, importa conjecturar sobre quais os cenários possíveis para o panorama geral do transporte ferroviário de mercadorias na Europa. Em traços gerais, 3 cenários são possíveis, sendo que as probabilidades dos diferentes cenários se virem a tornar realidade diferem bastante. O primeiro e mais improvável cenário é o de um domínio de todo o mercado europeu por parte de 2 ou 3 grandes companhias, que dividam entre si o mercado europeu, à imagem do que acontece actualmente nos Estados Unidos. Este cenário é o mais improvável visto implicar mudanças radicais no panorama ferroviário europeu actual. O segundo e mais provável cenário consiste na diferenciação das diversas empresas europeias entre empresas que apostem na integração internacional e outras que optem pelo caminho da especialização. Cada empresa assumirá um dos dois papéis, dependendo da sua dimensão e capacidade. Deste modo o mercado europeu continuará dividido entre várias empresas, mas o seu funcionamento será muito mais integrado e racional. Este é claramente o cenário mais provável visto já se estarem a dar hoje em dia os primeiros passos no sentido da sua concretização. O terceiro e mais catastrófico seria um cenário aonde as empresas ferroviárias, sem a contrapartida do apoio público, não se conseguiram adaptar às novas realidades, continuando assim este meio de transporte a perder quota de mercado.

ESTADO DA ARTE

3.1. ESTUDOS SOBRE A PROCURA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MERCADORIAS

Não há até ao momento muitos estudos sobre modelos agregados de procura de transporte ferroviário de mercadorias ao nível nacional ou supranacional, como o que será feito neste trabalho. Isto deve-se ao facto de os estudos nesta área se basearem na sua grande maioria em modelos que focam um caso ou uma linha em particular, estudando-o/a detalhadamente, fazendo na maioria dos casos uso de modelos desagregados. Isto resulta do facto de as operadoras ferroviárias requisitarem estudos para casos concretos, e não para todo o panorama global do transporte. Nesses estudos é comum usarem-se modelos desagregados, visto ser bastante difícil reunir todos os dados necessários para um bom modelo agregado, e também devido ao facto de estes modelos apresentarem vantagens para esse tipo de estudo: destaca-se o facto de não se basearem em valores médios, podendo assim fazer uma análise mais detalhada dos dados, o que se revela mais conveniente para estes âmbitos de estudo reduzidos.

Quanto aos estudos existentes sobre o tema, a maioria foca o transporte de passageiros, e não o de mercadorias, sendo que apenas alguns falam tanto da vertente de passageiros como da de mercadorias. Os estudos dedicados exclusivamente à parte de mercadorias são raros, sendo que os existentes seguem uma abordagem diferente da adoptada neste estudo, focando a escolha modal, ou trabalhando por tipo de mercadorias transportadas. De qualquer forma, os estudos de procura de passageiros e mercadorias seguem o mesmo método, embora com dados diferentes, constituindo todos esses estudos uma importante base para o trabalho a realizar.

Alguns dos principais artigos sobre modelos agregados de procura de transporte ferroviário seguindo os moldes pretendidos para este estudo são:

- *The demand for rail transport in European countries* – Felix Fitzroy; Ian Smith (1995);
- *Passenger rail demand in 14 western European countries: A comparative time series study* – Felix Fitzroy; Ian Smith (1998);
- *The impact of high-speed technology on railway demand* – António Couto; Daniel J. Graham (2007);

Destes 3 artigos, apenas o 1º incide especificamente no transporte de mercadorias, mas todos seguem o modelo pretendido para este estudo, embora trabalhando com dados relativos ao tráfego de passageiros.

Todos estes estudos são relativamente recentes (de 1995 até 2007), sendo que os 3 entram com um importante grupo de variáveis de base (variáveis independentes ou explanatórias), que são as relativas à qualidade do serviço. Este tipo de variáveis é muito importante para caracterizar a procura do transporte ferroviário, sendo que em muitos trabalhos mais antigos tenham sido ignoradas. Para além

dessas variáveis, entram também aquelas relativas ao preço e rendimentos da população (PIB per capita), bem como outras variáveis exógenas, relativas a vários factores tais como a geografia e a demografia do país.

Quanto aos dados utilizados como variáveis, variam um pouco de estudo para estudo, mas sempre dentro das mesmas linhas. No primeiro destes estudos (Fitzroy; Smith, 1995), que é o único dos 3 analisar o transporte de mercadorias, as variáveis independentes usadas foram:

1) densidade populacional; 2) densidade da rede ferroviária; 3) PIB per capita corrigido por paridade de poder de compra; 4) preço do transporte ferroviário de mercadorias; 5) frequência dos comboios; 6) preço do diesel; 7) espaçamento entre estações.

Dentro destas variáveis, as referidas em 2), 5) e 7) são relativas à qualidade do serviço; 4) e 6) são relativas ao preço, sendo que 6) tenta representar o preço dos transportes alternativos (neste caso considera-se apenas o transporte rodoviário, admitindo-se que a variação do preço do diesel representa convenientemente a variação dos preços do transporte rodoviário); 3) é uma variável económica e 1) é relativa à geografia/demografia. Estes dados são relativos a 14 países, num período entre 1980 e 1990.

Seguidamente é estimada uma equação para a procura, função destes dados, usando como método de regressão o método dos mínimos quadrados. O coeficiente de correlação global (R^2) obtido foi de 0.884, sendo que das 7 variáveis, 3 são significantes ao nível de 5%, 2 ao nível de 10%, e apenas 2 (PIB per capita corrigido por paridade de poder de compra e espaçamento entre estações) não são significantes a esses níveis. Os valores das elasticidades entre a procura e as variáveis dependentes tendem a ser relativamente altos (comparados com os valores relativos ao transporte de passageiros), o que sugere que o transporte de mercadorias é mais sensível às mudanças nas variáveis independentes. Os valores mais altos dão-se para a densidade da rede (1.38), densidade populacional (-1.22) e preço do diesel (0.93). Este último valor indicia que a procura é influenciada de forma significativa pelo preço do diesel, que tenta simular a variação do preço do principal meio concorrente de transporte (transporte rodoviário), sendo um indicador adequado visto os principais custos do meio rodoviário advirem do combustível. Há no entanto o problema de uma parte das locomotivas para transporte de mercadorias serem também alimentadas a diesel, o que faz com que a leitura deste indicador como representativo apenas do preço do transporte rodoviário não seja totalmente correcta. A elasticidade relativa ao preço foi de -0.41, sendo que esta variável é significativa ao nível de 10%.

Em resumo, este artigo desenvolve um bom modelo para o transporte ferroviário, que embora com algumas falhas, podendo-se referir o facto de ter relativamente poucas variáveis independentes, apresenta resultados finais coerentes e lógicos.

Quanto aos outros 2 estudos referidos, nenhum deles trata do transporte de mercadorias, mas baseiam-se ambos no mesmo tipo de aproximação (mesmo tipo de modelo) e usam diferentes variáveis explanatórias que vale a pena analisar, visto que algumas delas podem também ser usadas para a vertente de mercadorias.

No segundo estudo citado (Fitzroy ; Smith, 1998), é analisada a procura do transporte de passageiros com base em dados relativos a 14 países europeus no período de 1968 a 1991. Os dados usados não acrescentam nada de novo ao estudo anterior, e não sendo estudada a parte de mercadorias, não se podem fazer grandes análises relativamente a este artigo. Há a destacar o facto de a análise ter sido feita por país (e não trabalhando com os dados agregados de todos os países) e, mais importante, o facto de as elasticidades terem sido calculadas usando 2 cenários diferentes: a longo prazo e a curto prazo (trabalhando com as 1^{as} derivadas das variáveis independentes). Quanto às conclusões finais, os autores fazem referência ao facto de haver variáveis que não foram incluídas no estudo, mas que são

importantes, tais como o grau de competição por parte de transportes alternativos que o transporte ferroviário enfrenta e também a qualidade das redes de estradas dos países, que servem como medida da qualidade do transporte rodoviário.

Relativamente ao terceiro estudo (Couto; Graham, 2007), revela-se particularmente interessante devido à sua actualidade, bem como ao facto de usar um vasto conjunto de países (27). Além disso, destaca-se também o facto de usar um elevado número de variáveis independentes, muitas delas completamente novas quando comparadas com os estudos anteriores, procurando assim caracterizar com mais precisão a função da procura. Embora algumas delas só tenham aplicabilidade para o transporte de passageiros, há outras cuja aplicabilidade pode ser viável e útil também na vertente de mercadorias.

Analisando as variáveis independentes, há uma primeira diferença evidente, que é o facto de os parâmetros relativos à qualidade terem sido condensados numa só variável. Este parâmetro foi calculado em função da frequência dos serviços (total de comboios-quilómetro a dividir comprimento da rede), da velocidade máxima potencial do material de tracção, da percentagem da rede que é electrificada, e da percentagem da rede em via dupla. Da condensação destas variáveis numa só englobando todos estes factores relativos à qualidade do serviço (usando o método dos componentes principais) resulta uma variável adimensional. Esta abordagem faz reduzir o número de variáveis dependentes, simplificando a função de procura, e torna mais fácil a avaliação do impacto da qualidade na procura, obtendo-se assim um único valor da elasticidade.

Outros dos parâmetros inovadores considerados foram o investimento no equipamento, por parte das operadoras ferroviárias, e o investimento nas infra-estruturas. Estas variáveis tentam reflectir o estado do sistema ferroviário, função do investimento realizado, sendo de esperar que num país em que tenha havido um elevado investimento nos últimos anos, a performance actual, em termos de procura tenha melhorado. Foram também incluídas variáveis que reflectem a oferta de transporte alternativo: o número de carros ligeiros per capita (transporte por estrada), e o número de partidas de aviões (transporte aéreo). Quanto às variáveis demográficas e geográficas, destaca-se a introdução de variáveis como a percentagem de população urbana, o número de áreas metropolitanas com mais de 1 milhão de habitantes potencialmente servidas pela rede ferroviária e as emissões de CO₂ por país, servindo esta última como indicador relativamente ao nível de industrialização de cada país. Foram ainda consideradas variáveis relativas ao número de dias com neve por ano e à orografia (média ponderada da altitude) de cada país, para ter em conta respectivamente as adversidades que resultam da queda de neve e o efeito que os territórios mais planos ou montanhosos têm no transporte. É também considerada uma variável relativa ao tempo, para ter em conta eventuais tendências verificadas ao longo do tempo. Por último o estudo entra em linha de conta ainda com factores relativos à alta velocidade (tema que é versado no artigo), mas essa parte foi ignorada visto não ter interesse para a análise que está a ser feita. Quase todas estas variáveis podem também ser utilizadas para uma análise do sector de mercadorias, podendo algumas necessitar de alguns ajustamentos, como por exemplo a variável relativa ao número de partidas de aviões, que teria de ser ajustada para reflectir os movimentos de carga e não de passageiros.

Não se podem tirar conclusões sobre os resultados deste estudo, visto ele versar apenas o transporte de passageiros, mas deve referir-se que quase todas as variáveis consideradas foram significantes ao nível de 1%, o que quer dizer que a sua consideração foi pertinente. Uma das excepções foi o valor das emissões de CO₂, o que se deve provavelmente ao facto de contabilizar o mesmo efeito que a variável relativa ao número de carros de passageiros. O mesmo se passou com a variável relativa ao número de áreas metropolitanas com mais de 1 milhão de habitantes potencialmente servidas pela rede

ferroviária, tendo provavelmente o mesmo efeito que as variáveis relativas à densidade populacional e à percentagem de população urbana.

Analisando-se agora os estudos dedicados exclusivamente à procura de transporte ferroviário de mercadorias, mas que não seguem o modelo pretendido para este trabalho.

Sendo assim, em termos de artigos relativos à procura de transporte ferroviário de mercadorias feitos em moldes algo diferentes do modelo pretendido, referem-se dois:

- *Forecasting the demand for railway freight services* – P. Someshwar Rao (1978);
- *Modelling the demand for freight transport – A New Approach* – Walid Abdelwahab, Michael Sargious (1992);

O primeiro artigo (Rao, 1978), é já bastante antigo, tendo quase 30 anos, sendo que perde por isso algum interesse por falta de actualidade. É um estudo sobre a procura no transporte ferroviário de mercadorias no Canadá, não sobre a procura agregada, mas sim separada por tipo de mercadorias transportadas.

É feita uma análise aos valores da procura, sendo que é dada muita relevância à distância média de transporte das mercadorias. Isto porque, como é referido no artigo, os custos de transporte por quilómetro variam bastante com a distância do transporte, visto que para longas distancias os custos de terminal (carga e descarga) são espalhados por uma grande distância. São desta forma realçados os custos de terminal, que, no caso do transporte ferroviário de mercadorias são bastante significativos, sendo por exemplo mais elevados do que no caso do transporte rodoviário, em que as operações de carga e descarga se revelam menos complicadas.

Quanto aos valores obtidos, é de salientar que a variável relativa à oferta de transportes alternativos (que neste estudo foi o número veículos comerciais registados no país) não se revelou significativa nem perto de ser significativa, logo não foi considerada. Além das várias funções calculadas para os diferentes tipos de mercadorias, foi também calculada uma função para o valor total da carga transportada (soma da carga transportada por tipo de mercadorias), e a elasticidade encontrada para o preço do transporte foi de -0.0856, o que é um valor muito baixo. De qualquer maneira, esta variável não se revelou significativa nem sequer ao nível de 10%, por isso não se deve dar muita importância a este valor marcadamente baixo.

Quanto às conclusões finais, os autores referem que os custos diminuem com um aumento de capacidade média dos vagões, sendo que este efeito se explica devido a economias de escala. Recomendam também que em estudos futuros similares, se tente introduzir um factor dinâmico, através do uso de variáveis desfasadas (“agged variables”), onde a procura seja função não só das condições actuais, mas também de valores observados em anos anteriores.

Quanto ao segundo artigo (Abdelwahab; Sargious, 1992), é um estudo sobre a escolha modal: comboio vs camião, relativamente ao transporte de mercadorias no Estados Unidos. O modelo determina o modo usado (comboio ou camião), calculando para esse modo a procura. Temos por isso 3 funções: escolha de modo; procura para o transporte ferroviário e procura para o transporte rodoviário, todas função de um grupo de variáveis independentes. É um modelo muito diferente dos casos referidos anteriormente, mas ainda assim vale a pena analisar as variáveis usadas. Há várias variáveis que foram consideradas mas são demasiado específicas para serem sequer consideradas para um modelo agregado de procura ao nível de países. Ainda assim, podem-se referir as variáveis relativas à densidade dos produtos transportados e o tempo de viagem médio. Para o transporte ferroviário ambas apresentam elasticidades positivas (respectivamente de 0.0894 e 9.8227, ambas significantes ao nível de 5%), o que sugere que a densidade tem pouco impacto na procura, mas que o

tempo de viagem tem um grande impacto na procura: quanto mais longas as viagens, maior a procura. Isto porque o transporte ferroviário é mais competitivo (em relação ao rodoviário) para longas distâncias.

Analizam-se por último dois artigos relativos aos valores das elasticidades em modelos de procura de transporte:

- *Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates – An Interpretative Survey*– Tae Hoon Oum; W. G. Waters II; Jong-Say Yong (1992);
- *A review of the new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes* – P. B. Goodwin (1992);

Estes dois artigos foram feitos na mesma altura, complementando-se um ao outro.

O primeiro destes artigos (Oum, et al., 1992), relativo à elasticidade do preço, versa tanto o transporte de passageiros como o de mercadorias, abordando especialmente o transporte ferroviário de mercadorias, tendo no entanto a limitação de se debruçar apenas sobre a elasticidade relativa ao preço. O que é feito no artigo é compilar os valores das elasticidades obtidos por vários artigos feitos em anos anteriores ao da publicação deste artigo, fazendo a sua análise. Relativamente à elasticidade do preço para o transporte ferroviário de mercadorias os valores encontrados foram de 1,52 para uma função logarítmica linear (*Log-linear* – função geralmente usada). Este valor é muito elevado se comparado com o obtido por Fitzroy e Smith, no primeiro artigo citado neste capítulo (Fitzroy ; Smith, 1995). Para outro tipo de funções (*Aggregate Logit e Translog*) os valores são bastante inferiores, variando entre 0,09 e 1,06.

Pode-se então concluir que, tal como é referido no artigo, os valores da elasticidade do preço relativamente ao transporte ferroviário de mercadorias variam dentro de um grande intervalo de valores, sendo que diferentes estudos chegaram a resultados muito díspares. É também de realçar o facto importante de que o uso de diferentes funções de procura pode originar valores muito diferentes, mesmo que os dados de base sejam exactamente os mesmos.

Quanto ao segundo artigo (Goodwin, 1992), foca os efeitos a curto e longo prazo das alterações do preço no transporte de passageiros. Não se concentra no transporte de mercadorias, por isso o seu interesse é bastante limitado para a presente análise. A principal constatação feita é de que o valor da elasticidade do preço aumenta substancialmente a longo prazo, sendo que há bastantes análises que calculam um valor para o curto prazo e outro para o longo prazo. Isto significa que o efeito de uma qualquer variação no preço num ano se vai prolongar por vários anos, o que sugere que o uso de variáveis desfasadas (*lagged variables*) pode ser uma boa opção para o modelo se adaptar a este efeito.

Fica assim feita uma análise geral de alguns dos mais representativos artigos dentro desta área de estudo, nos últimos anos.

3.2. MODELOS DE REGRESSÃO USADOS

Quanto aos modelos de regressão aplicados nos estudos feitos até ao momento, a escolha recai invariavelmente no método dos mínimos quadrados (OLS, na sigla inglesa) ou no método dos mínimos quadrados em dois estágios (2 SLS, na sigla inglesa), devido provavelmente ao facto de estes serem métodos relativamente expeditos que apresentam resultados favoráveis.

4

METODOLOGIA E DADOS

4.1. INTRODUÇÃO AO MÉTODO DE ANÁLISE APLICADO

À imagem do que é feito nos diferentes trabalhos relativos a esta temática, tal como foi referido no estado da arte, o método usado será a aplicação de uma regressão matemática que faça relacionar os dados de base com a variável em estudo, que neste caso são as toneladas de mercadorias transportadas pela via ferroviária.

Os dados de base, chamadas variáveis independentes, são todos os dados usados no modelo, que serão escolhidos em função da sua relevância para explicar a variação da variável dependente (mercadorias transportadas pela via ferroviária). A escolha sobre quais os dados a usar no modelo é uma etapa bastante importante, na qual é necessário pensar em todo o tipo de dados que poderão ser relevantes, e fazer uma ponderação da sua importância, para posterior triagem e escolha definitiva de quais serão realmente usados. Devido à importância crucial que os dados de base têm para os resultados e interpretação do modelo, visto os resultados obtidos serem função dos dados usados, e a interpretação desses resultados ser feita à luz do tipo de dados usados, as opções tomadas nesta etapa terão repercussões em todo o trabalho, tendo por isso sido dada bastante atenção a esta fase.

Uma das dificuldades encontradas nesta etapa foi a recolha dos dados pretendidos, visto não ser fácil encontrar o tipo dados pretendidos para os anos em análise e para cada um dos países em análise. O número de países estudados, bem como o período de tempo em que incide o estudo foram condicionados pela disponibilidade de dados, sendo que acabou por se utilizar uma base de dados que vai desde 1990 até 1999. Não são, infelizmente, dados tão actuais quanto seria desejável, mas ainda assim não são também demasiado desactualizados, sendo que o principal entrave a utilizar dados mais recentes foi a falta de informação relativamente às companhias ferroviárias para anos mais recentes. Nem todas as companhias têm disponíveis dados para todos os anos em análise (a algumas, principalmente as dos chamados países de leste, faltam os primeiros anos, e a outras os últimos), não representando isto um problema grave, visto o modelo usado não ser sensível a estas falhas.

Quanto ao modelo matemático em si, é uma função de produção do tipo **Cobb-Douglas** com uma representação linear. Este tipo de funções, muito usadas em economia, descreve a produção (*output*) de um produto (variável dependente) em função do comportamento de um conjunto de variáveis independentes, que representam os diversos factores que influenciam a produção (*inputs*). Este modelo é aplicável ao problema em estudo, sendo que a produção representa as toneladas*km de mercadorias transportadas por via férrea, e as variáveis independentes representam os diversos factores que se considerou terem relevância para a explicação do comportamento do transporte ferroviário de mercadorias nos diferentes países.

O objectivo pretendido com a utilização e a correcta estimação desta função de Cobb-Douglas será a obtenção dos coeficientes relativos a cada variável independente, que são as chamadas elasticidades. Para cada variável independente, o valor da respectiva **elasticidade** representa o impacto que a variação dessa variável tem na variação da variável dependente, **no caso de todas as restantes variáveis permanecerem inalteradas**. Por exemplo, se uma variável independente tiver uma elasticidade de 0,20 isto quer dizer que um aumento de 1% dessa variável irá provocar um aumento de 0,20% na variável dependente. O impacto que cada variável tem na variável dependente em estudo (toneladas*km de mercadorias transportadas) será então dado pelo respectivo valor da elasticidade, podendo este ser positivo ou negativo (no caso de um aumento de determinada variável ter um impacto negativo na variável dependente).

Não há apenas uma representação de uma função do tipo Cobb-Douglas, sendo que neste caso se escolheu uma função do tipo linear de modo a que se possa aplicar uma regressão linear para o ajuste do modelo aos dados disponíveis, usando um programa estatístico.

A função é a seguinte:

$$\ln(Y) = \alpha_0 + \alpha_1 * \ln(X_1) + \alpha_2 * \ln(X_2) + \dots + \alpha_i * \ln(X_i) \quad (1)$$

em que Y representa a variável dependente, cujo comportamento (face à variação das outras variáveis) será estudado, sendo que neste trabalho se refere às toneladas*km de mercadorias transportadas por cada companhia. As variáveis de X_1 até X_i representam as variáveis independentes, ou seja, os dados de base usados no modelo, que explicam o comportamento da variável dependente. Quanto aos coeficientes, α_0 representa uma constante, e os coeficientes de α_1 a α_i representam as elasticidades de cada variável independente.

A regressão em si será feita usando um programa econométrico com múltiplas potencialidades que permite fazer vários tipos de regressões, conforme o objectivo pretendido, e que inclui diversos testes muito úteis na análise em causa. O programa a usar será o **LIMDEP**¹, tendo todas as funcionalidades necessárias para este estudo.

Usar-se-á uma regressão recorrendo ao método de mínimos quadrados, que permite ajustar uma função linear (como é o caso) a uma série de observações das diferentes variáveis, minimizando o erro. Devido ao facto de algumas variáveis independentes apresentarem problemas de endogenia (não serem independentes da variável dependente), usou-se um **método de mínimos quadrados em dois estágios** (2SLS² na sigla inglesa) que corrigisse esses problemas. Para tal foi necessário recorrer ao uso de **variáveis instrumentais**. Estas variáveis, não sendo variáveis independentes no sentido lato (isto é, a variável dependente não é directamente função delas) estão correlacionadas com as variáveis independentes que apresentam endogenia. Sendo assim estas variáveis terão de ser independentes do erro, o que quer dizer que poderão sofrer do mesmo problema de endogenia que as variáveis independentes com que estão relacionadas. Deste modo, são incorporados no método de mínimos quadrados em dois estágios para actuarem como um apoio às variáveis que apresentam problemas de endogenia, para que esses problemas não se façam sentir. Este processo será explicado com mais detalhe no ponto 4.3.1.

São ainda necessárias outras correcções ao modelo, nomeadamente verificar se há variáveis que apresentam problemas de heterocedasticidade que necessitem de ser corrigidos. A **heterocedasticidade** é um fenómeno estatístico que ocorre quando o erro associado a cada observação (diferença entre o valor estimado para a curva de regressão e o valor observado da variável

¹ LIMDEP version 9.0 – Econometric Software, Inc.

² 2 Stage-Least Squares

dependente) não é uniformemente distribuído, contrariando o postulado admitido para o modelo de regressão aplicado, isto é as variáveis X apresentando correlação com o erro. O que geralmente sucede quando há fenómenos de heterocedasticidade é que o erro tende a aumentar à medida que o valor da variável aumenta. Este fenómeno pode ser observado na figura 2.

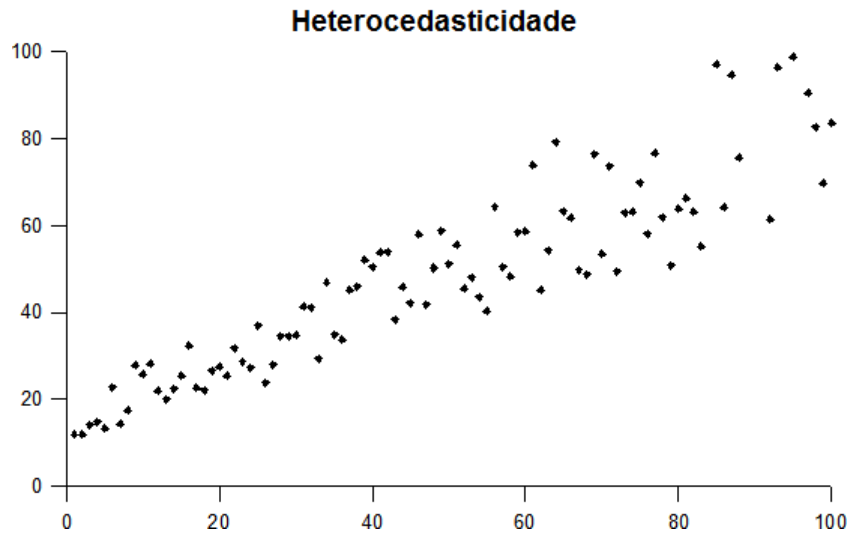


Fig.2 – Exemplo de uma distribuição que apresenta heterocedasticidade

Observa-se que quanto maior o valor da variável, maior é a dispersão dos pontos, afastando-se cada vez mais de uma imaginária recta de regressão que passasse pelo meio dos pontos (de modo a ajustar-se o melhor possível à distribuição existente), sendo um claro caso de existência de heterocedasticidade.

4.2. DESCRIÇÃO GENÉRICA DO TIPO DE DADOS A UTILIZAR

4.2.1. DESCRIÇÃO GENÉRICA E FONTES USADAS

Os dados usados neste trabalho foram o resultado de uma vasta pesquisa por todo o tipo de dados que se pudessem revelar relevantes para o estudo, sendo que se recolheram informações sobre as diferentes companhias ferroviárias que operam em cada país em análise, bem como muitos dados económicos e não só relativos a cada um desses países. Depois de finalizada a pesquisa, acabou por se fazer a análise sobre um grupo de 26 países no período de tempo de 1990 a 1999. Foi escolhido este grupo de países e este conjunto de anos para a análise pois eram aqueles para os quais se dispunha de um sólido conjunto de dados. Ainda assim, para alguns países não foi possível recolher dados para todos esses anos, havendo falhas.

Isto deve-se principalmente a dois factores distintos. Em primeiro lugar, há o problema dos chamados países de leste, em que, na maioria dos casos, faltam dados para os primeiros anos em análise. Isto deve-se ao facto de esses terem sido anos (princípio da década de 90) em que houve grandes alterações nestes países, com a queda do muro de Berlim e o colapso da URSS, com todas as consequências políticas, sociais e económicas que isto representou, o que faz com que seja difícil encontrar dados para as companhias ferroviárias destes países, que na altura atravessavam um período de profundas remodelações. Em segundo lugar, há o problema de alguns países que, ao longo da década de 90, iniciaram um processo de privatização das suas companhias ferroviárias e de liberalização do mercado

ferroviário, ou pelo menos da parte afecta às mercadorias, o que tornou muito difícil ou mesmo impossível a recolha de dados para os anos posteriores a esses acontecimentos. O exemplo mais claro é o caso do Reino Unido, onde a liberalização do transporte ferroviário se deu bastante cedo, e com um grande impacto no panorama do transporte, o que faz com que não tenha sido possível recolher dados posteriores a 1994.

O conjunto dos 26 países em análise é constituído por países europeus (à excepção da Turquia que é parte europeu e parte asiático), sendo um grupo claramente representativo do panorama ferroviário europeu. O conjunto em análise inclui os seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Dinamarca, Espanha, Eslováquia, Eslovénia, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Noruega, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Roménia, Suécia, Suíça e Turquia.

Quanto às fontes de onde foram recolhidos os dados utilizados, podem ser separadas em dois grupos: dados relativos às diversas companhias ferroviárias e dados genéricos (maioritariamente económicos) relativos a cada país. Relativamente aos dados das companhias ferroviárias, a principal e quase exclusiva fonte de informação foi a **UIC** (*Union Internationale des Chemin de Fer*), de onde foi possível recolher dados exaustivos relativos às diferentes companhias. Quanto aos dados económicos relativos a cada país, as principais fontes foram: Banco Mundial, OCDE³, EUROSTAT, e FMI⁴.

4.2.2. ESPECIFICAÇÃO DO TIPO DE DADOS USADOS

Foram recolhidos dados relativos a um leque alargado de áreas, sendo que no final do processo de estudo e análise, só uma parte será efectivamente usado. No entanto, a maior ou menor relevância de cada dado só poderá ser correctamente identificada numa fase mais avançada do trabalho, pelo que no início é necessário considerar todos os dados que pareçam ser interessantes e relevantes. Os dados recolhidos podem ser divididos em cinco grandes grupos, que serão descritos seguidamente.

Num primeiro grupo foram considerados os **dados económicos** relativos a cada país. Este tipo de dados é muito relevante pois permite retratar o clima económico de cada país ao longo dos anos, bem como descrever as especificidades da economia de cada país. A inclusão destes dados servirá para que se possa estabelecer uma correlação entre as diferentes particularidades económicas de cada país e o desempenho do transporte ferroviário de mercadorias, assim como a sua correlação com os altos e baixos do desempenho económico. Serão considerados dados relativos ao grau de riqueza e industrialização dos diferentes estados, bem como variáveis que procuram caracterizar genericamente as diferentes economias, nomeadamente no que se refere à definição das principais áreas de comércio de cada país. Por fim, considerou-se ainda pertinente considerar uma variável que fizesse a distinção entre os chamados países de leste, e os restantes países, isto porque, devido ao diferente funcionamento da economia destes países até ao início dos anos 90 (visto terem, até essa data, uma economia planeada, e não de mercado livre), o funcionamento das companhias ferroviárias também seguia um modelo bastante distinto dos chamados países ocidentais. Isto pode ter um impacto significativo, ainda que durante os anos em análise as economias desses países se tenham alterado radicalmente, seguindo o modelo de mercado livre, tal como no resto dos países europeus, o que pode significar que este factor não se revele assim tão importante.

Noutro grupo foram estudados os dados relativos a **características geográficas** de cada país, o que abrange um leque relativamente extenso de dados. Em primeiro lugar há que considerar as variáveis

³ Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

⁴ Fundo Monetário Internacional

mais básicas relativas à geografia de cada estado, como sejam os dados relativos à sua área, as características do terreno (relevo) e o clima predominante, nomeadamente a presença de fenómenos extremos que possam afectar a circulação normal de comboios, como sejam por exemplo a queda de neve. Há depois que analisar as diferentes variáveis relativas à ocupação do espaço e à população, que terão um impacto determinante no tipo da rede ferroviária existente, bem como no tipo de serviços prestados pelas companhias ferroviárias. Há ainda que analisar a posição geográfica de cada país e as possíveis interacções entre as diferentes cidades do país, assim como dos países circundantes. Esta é uma análise que não deve ser esquecida, visto a maioria dos serviços ferroviários (sejam de passageiros ou de mercadorias) se realizar entre grandes pólos populacionais.

O 3º grande grupo de dados considerado é relativo à **rede de caminhos-de-ferro e material circulante** de cada operadora ferroviária. Este conjunto de dados permite uma análise detalhada das condições do transporte ferroviário em cada país, sendo por isso um dos mais cruciais e específicos conjunto de dados analisados, contendo informações sobre a rede ferroviária, relativas tanto à extensão como à sua tipologia, bem como ao material ferroviário que circula na rede. Foram ainda considerados dados relativos aos gastos do investimento em obras e manutenção tanto da rede como do material circulante, que procuram reflectir a sua qualidade.

O próximo grupo considerado engloba os dados respeitantes à **operação das empresas ferroviárias**, que permitem avaliar o modo de operar das diferentes companhias nacionais, sendo que a variável dependente da análise, ou seja, aquela que representa o real comportamento deste meio do transporte em cada estado (toneladas*km de mercadorias transportadas pelo meio ferroviário), que será função de todas as outras, será retirada deste grupo. São consideradas desde variáveis que não dependem muito da empresa, mas mais do estado que as suporta, como sejam a quantidade de subsídios atribuídos às transportadoras ferroviárias, até às variáveis mais básicas e cujo controlo depende em grande parte do estilo de gestão adoptado, como sejam os preços praticados, ou as frequências de serviço oferecidas. É também analisada a distribuição de áreas de negócio de cada companhia (repartição de operações entre serviços de passageiros e serviços de mercadorias), assim como as características dos serviços de mercadorias. É também deste grupo que, tal como já foi referido, se retira a variável fundamental para todo este trabalho, que é o valor da quantidade de carga (medida em toneladas*km) transportada por cada companhia, que serve como barómetro para medir o sucesso ou insucesso do transporte de mercadorias em cada país.

Para finalizar, o 5º e último grupo de dados é relativo aos **meios concorrentes do transporte ferroviário**. A inclusão deste grupo tem como objectivo avaliar o impacto que a qualidade dos transportes concorrentes tem no desempenho do transporte ferroviário, sendo expectável que quanto mais atractivos forem os meios alternativos, mais difícil será atrair os potenciais clientes para o modo ferroviário. O principal meio concorrente ao transporte ferroviário é claramente o meio rodoviário, tendo sido o primeiro a ser considerado, e aquele que se espera vir a ter mais impacto. Não obstante, foram também considerados outros meios concorrenciais, como o transporte por barco, tanto por canais e rios, como por via marítima, assim como o transporte aéreo. Quanto aos dados relativos à concorrência por meios aéreos ou por via marítima é necessário ter em conta que uma percentagem significativa dos serviços realizados por estes meios de transporte é de cariz intercontinental, pelo que não poderá ser interpretada como concorrência directa ao transporte ferroviário (transporte terrestre), o que terá de ser tido em conta na análise de resultados.

4.3. BREVE DESCRIÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

4.3.1. O MODELO USADO (2SLS)

O método estatístico que será usado neste trabalho para fazer a regressão da função linear (1) será, como já se referiu, o método dos mínimos quadrados em dois estágios (2SLS na sigla inglesa). Este é um método de estimação que usa variáveis instrumentais, baseado no método dos mínimos quadrados (OLS⁵ na sigla inglesa), mas que apresenta vantagens relativamente a este último, visto permitir corrigir problemas de **endogeneidade** que ocorrem para algumas variáveis previamente assumidas independentes.

Uma variável é endógena se for explicada dentro do modelo matemático de que faz parte, isto é, se o seu valor não for independente do valor da variável dependente nesse modelo. São endógenas todas aquelas variáveis que não são exógenas (independentes dos valores das restantes variáveis). Por exemplo, num modelo de procura e oferta de um mercado agrícola, variáveis como a meteorologia e o gosto dos consumidores são variáveis exógenas (independentes da oferta agrícola), ao passo que por exemplo o preço seria uma variável endógena, visto estar dependente da oferta disponível (quanto maior a oferta, menores os preços, e vice-versa). No caso em estudo, uma variável que é claramente endógena é a variável que caracteriza a oferta (frequência dos comboios), visto estar correlacionada com a variável dependente (toneladas*km transportadas), devido ao facto de maiores frequências estarem quase sempre relacionadas com uma maior quantidade de mercadorias transportadas. Só se justifica uma frequência maior quando há maior procura e consequentemente maiores quantidades de mercadoria a transportar, sendo que o inverso também é verdade.

A existência de variáveis endógenas cria problemas para o modelo matemático visto criarem uma espécie de relação circular: a variável dependente é função de variáveis independentes endógenas que por seu lado também são subordinadas à variável dependente, devido à sua endogenia.

O método usado não poderá ser simplesmente um vulgar método dos mínimos quadrados devido ao facto de a presença de variáveis endógenas fazer com que não seja cumprida a assunção de recursividade (não podem haver dependências circulares, como as causadas pelas variáveis endógenas) que tem de ser cumprida para a aplicação desse método. Por isso será usado o método dos mínimos quadrados a duas fases (2SLS) o que evitará esses problemas.

A maneira como um 2SLS funciona é, tal como o nome indica, constituída por duas fases. Na **primeira fase** são criadas novas variáveis independentes para substituir aquelas que apresentam endogenia, e na **segunda fase** é feita uma regressão utilizando o método dos mínimos quadrados usando as novas variáveis independentes criadas na primeira fase, em vez das variáveis que apresentavam endogenia. Deste modo já não haverá problemas na aplicação do método dos mínimos quadrados na 2ª fase devido ao facto de as variáveis criadas para substituir as endógenas não apresentarem problemas de endogenia.

A criação, na primeira fase, das variáveis que vão substituir as endógenas é feita com base nas variáveis instrumentais, sendo neste passo que estas importantes variáveis são usadas no método de 2SLS. As novas variáveis serão criadas a partir de uma regressão de mínimos quadrados, tendo como variável dependente a variável endógena que se queira substituir, e como variáveis independentes as variáveis instrumentais. A partir dos resultados dessas regressões criar-se-ão as variáveis que vão substituir as endógenas, sendo que estas serão dependentes apenas das variáveis instrumentais, e não das variáveis endógenas que vão substituir, logo, como as variáveis instrumentais não têm nenhuma relação com o erro, estas novas variáveis não vão apresentar problemas de endogenia.

⁵ Ordinary Least Squares

4.3.2. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO MODELO

Os resultados obtidos através da aplicação deste método serão os coeficientes α da função (1), que representam as elasticidades das diferentes variáveis independentes em relação à variável dependente em análise. Associado a cada um destes coeficientes está o valor da sua **significância**, que representa a probabilidade de o verdadeiro valor do coeficiente ser 0, ou seja, a probabilidade de o coeficiente não ter qualquer impacto na regressão em análise. Como facilmente se compreende quanto mais reduzidos os valores da significância, mais relevância terão os coeficientes para a explicação do comportamento da variável dependente. Geralmente, para significâncias superiores a 10%, os coeficientes são considerados não significantes, o que significa que não têm um impacto provado no valor da variável dependente. Diz-se que uma variável é estatisticamente significativa, ou simplesmente significativa, quando o valor da sua significância for baixo (geralmente abaixo de 5% ou 10%).

Tendo isto presente, a análise dos resultados tem de ser feita tanto em função dos valores dos coeficientes obtidos, como das respectivas significâncias, sendo sobre esses 2 valores que vai recair a atenção no processo de análise de resultados.

5

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO E RESULTADOS

5.1. INTRODUÇÃO, DESCRIÇÃO E EXPLICAÇÃO DAS VARIÁVEIS USADAS

Para dar início ao processo de aplicação do método em si, a primeira coisa a fazer é introduzir os dados no programa estatístico. Para isso é necessário criar e dar nome às diferentes variáveis. Seguidamente apresenta-se uma lista com todas as variáveis consideradas bem como uma breve descrição do seu propósito.

- **TIME** – Variável relativa ao tempo, assumindo valores de 1 até 10 para os anos de 1990 a 1999 respectivamente
- **LOIL_PRC** – Variável relativa ao preço médio do petróleo em cada país
- **LGDP_CAP** – Variável relativa ao valor do PIB per capita por país
- **LCO2E** – Variável relativa às emissões de dióxido de carbono por país, representativa do grau de industrialização
- **LOREME&I** – Variável que representa o valor das importações e exportações de minério e metal como percentagem do PIB
- **LFOODE&I** - Variável que representa o valor das importações e exportações de comida como percentagem do PIB
- **LFUELE&I** - Variável que representa o valor das importações e exportações de combustível como percentagem do PIB
- **LMANFE&I** - Variável que representa o valor das importações e exportações de bens manufacturados como percentagem do PIB
- **LAGRME&I** - Variável que representa o valor das importações e exportações de produtos agrícolas como percentagem do PIB
- **LOILDEM** - Variável que representa o valor da procura de petróleo por país
- **LSURVEY** – Variável representante da orografia de cada país, sendo tanto maior quanto mais acidentada for a orografia
- **LSNOW** – Variável relativa à quantidade média de dias por ano em que há queda de neve
- **LAGL** – Variável relativa à quantidade de cidades com mais de 1000000 de habitantes e servidas por caminho-de-ferro, que se encontram num raio inferior a 600km da capital de cada país.
- **LDENSI** – Variável relativa à densidade populacional de cada país
- **LAREA** – Variável relativa à área de cada país
- **LPOP** – Variável relativa à população de cada país

- **LURBAND** – Variável relativa à percentagem de população urbana de cada país
- **LNET** – Variável relativa ao comprimento da rede ferroviária de cada país
- **LKQEQP** – Variável relativa ao valor anual existente do stock de capital produtivo em equipamento ferroviário
- **LKQP_O** – Variável relativa ao valor anual existente do stock de capital produtivo em infra-estrutura e edifícios
- **D_SEP** - Variável *dummy* relativa à separação entre as empresas de operação ferroviária e de gestão das infra-estruturas ferroviárias (um exemplo onde isto acontece é em Portugal, na actualidade, com a CP e a REFER, respectivamente)
- **D_ELECT** – Variável *dummy* relativa à existência ou não de linhas electrificadas em cada país
- **L_PELEC** – Variável relativa à percentagem da rede ferroviária que é electrificada
- **DL_PELEC** – Variável resultante da multiplicação da *dummy* D_ELECT por L_PELEC
- **LPDT** – Variável relativa à percentagem da rede ferroviária que é em via dupla ou via múltipla
- **BC_WAG** – Variável relativa à percentagem do parque de vagões constituída por vagões cobertos
- **BHS_WAG** - Variável relativa à percentagem do parque de vagões constituída por vagões de lados altos (*high sided wagons*)
- **LF_WAG** - Variável relativa à percentagem do parque de vagões constituída por vagões planos (*flat wagons*)
- **LPC_SU_R** – Variável relativa à percentagem dos rendimentos de cada operador ferroviário que é proveniente de subsídios concedidos pelo estado
- **LPRIC_TK** – Variável relativa ao preço por tonelada de mercadorias transportada praticado pelos diferentes operadores ferroviários
- **LTRKM_KM** – Variável relativa ao número de comboios*km por quilómetro de rede ferroviária, representante da frequência dos serviços
- **LTOKM_KM** – Variável relativa às toneladas*km por quilómetro de rede ferroviária. Será a **variável dependente**, representando o desempenho do transporte ferroviário de mercadorias em cada país
- **LPC_FRGT** – Variável relativa à percentagem de comboios*km de uma operadora que são realizados por comboios de mercadorias, representando o peso que as operação de mercadorias tem para cada operadora ferroviária.
- **LHAUL** – Variável relativa à distância média viajada pelos comboios de mercadorias
- **LKM_ES** – Variável relativa aos quilómetros de estradas existentes em cada país, que procura representar as condições da concorrência rodoviária
- **LKM_AE** – Variável relativa aos quilómetros de auto-estradas existentes em cada país, complementando a variável anterior para descrever a concorrência do meio rodoviário
- **D_SE_POR** - Variável *dummy* relativa à existência ou não de portos de mar em cada país
- **L_SE_PO** – Variável relativa à quantidade e tamanho dos portos de mar existentes em cada país, procurando representar a concorrência do transporte por mar
- **DL_SE_PO** – Variável resultante da multiplicação de D_SE_POR por L_SE_PO
- **D_RI_POR** - Variável *dummy* relativa à existência ou não de portos de rio em cada país
- **L_RI_PO** – Variável relativa à quantidade e tamanho dos portos de rio existentes em cada país, procurando representar a concorrência do transporte fluvial
- **DL_RI_PO** – Variável resultante da multiplicação de D_RI_POR por L_RI_PO

- **LFAC_AIR** - Variável relativa à quantidade e tamanho dos aeroportos existentes em cada país, procurando representar a concorrência do meio aéreo

Deve ser notado que devido ao facto de a função ter sido linearizada, os valores das variáveis usados na estimação (à excepção da variável TIME e das variáveis BC_WAG e BHS_WAG) vêm na forma de logaritmo, em conformidade com o estipulado pela função (1). O facto de a variável TIME não ser apresentada em forma de logaritmo deve-se ao facto de a interpretação desta variável ser diferente das outras, visto não ter lógica interpreta-la como uma elasticidade, devido ao facto de ser uma variável que indica uma tendência temporal (*time trend*), e não poder ser avaliada de um modo quantitativo. Isto é, não teria lógica fazer uma interpretação do tipo: um crescimento de X% da variável tempo provoca um crescimento de Y% na variável dependente.

Relativamente às variáveis referentes ao capital: a tradicional aplicação do método do inventário perpetuo (“perpetual inventory method”) requiere a estimação directa da depreciação através da qual o *stock* líquido de capital é obtido indirectamente. Um método alternativo usado no presente trabalho, (ver OECD-Statistics (2001)), sugere o uso da função “age-price profiles” para estimar directamente o stock líquido de capital, a partir do qual a depreciação é indirectamente calculada. Este método alternativo apresenta a vantagem de todo o stock ser calculado de forma consistente já que a função do perfil temporal de eficiência (age-efficiency profile), usada para determinação do stock de capital produtivo condiciona directamente a determinação da função “age-price profiles”, usada para estimar o stock líquido de capital e a depreciação do capital.

Quanto às variáveis BC_WAG e BHS_WAG, relativas respectivamente às percentagens de vagões cobertos e de lados altos (*high sided*) existentes em cada companhia, estas não representam exactamente o valor do seu logaritmo pois os valores base apresentam zeros (e logaritmo de zero é igual a menos infinito), por isso em vez disso foi feita uma transformação com base numa transformação do tipo Box-Cox, cuja fórmula é a seguinte:

$$y = \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} \quad (2)$$

em que x representa a variável original e y representa a variável transformada. λ é o valor do parâmetro da transformada. O resultado obtido, para valores de λ pequenos (menores que 0,1) é um valor próximo do valor do logaritmo da variável. Neste caso foi usado um valor de λ igual a 0,01, o que resulta, para valores de $x > 0$; em valores que apresentam erros da ordem de 1 ou 2% quando comparados com o verdadeiro valor do logaritmo, que são perfeitamente aceitáveis. Posteriormente correram-se estas variáveis na regressão e verificou-se que não apresentavam um comportamento diferente da outra variável relativa à percentagem de vagões (LF_WAG), o que corrobora a tese de que esta transformação não vai causar problemas relevantes.

Em vez deste método, poder-se-ia adoptar o método usado para outras variáveis, que seria a criação de uma variável *dummy* associada (o que será explicado em seguida), mas isso implicaria a criação de mais variáveis *dummy* o que não é bom para o modelo (demasiadas variáveis, principalmente se forem pouco relevantes, como seria o caso das variáveis *dummy* associadas a estas variáveis), por isso, e como estas variáveis apresentam poucos zeros, optou-se por este método.

As **variáveis dummy** são variáveis que apenas podem tomar os valores de 0 ou 1, e que servem para diferenciar a existência ou não existência de um determinado factor, como por exemplo o facto de existirem ou não portos de mar num país. Neste caso, a maior parte serão usadas em conjunto com a outra variável que lhes está associada, multiplicando-se a *dummy* pelo valor dessa variável. Por

exemplo, no caso dos portos de mar, multiplicar-se-á a *dummy* D_SE_POR pela variável L_SE_PO, resultando na variável DL_SE_PO.

Isto será feito para evitar a ocorrência de valores infinitos nas variáveis, o que tornaria o modelo inaplicável. Isto acontece porque nas variáveis que apresentam valores originais (antes de ser feito o logaritmo) iguais a zero (por exemplo a variável L_SE_PO para um país em que não haja portos), o valor do logaritmo de zero ser igual a menos infinito. Logo, para evitar esses valores, vai-se multiplicar essa variável pela sua *dummy* associada, o que significa que quando o valor for igual a zero, a resultante do produto da variável pela *dummy* será também igual a zero, e não a infinito, evitando-se este tipo de problemas.

Refira-se também que em todas as variáveis que envolvem preços ou qualquer tipo de valor monetário, como o PIB per capita, estes foram uniformizados para que tenham a sua grandeza ajustada a um standard comum. Em primeiro lugar, os valores de todos os anos foram todos transformados em preços de 1995 usando para o efeito os valores do deflator implícito do PIB (“*GDP deflator*”) para cada ano, que é uma medida de inflação. Tendo os valores ajustados a preços de 1995 para cada país, fez-se a conversão de todos para uma moeda comum (Dólar Americano) usando os valores das paridades de poder de compra (*PPP*). Usou-se o valor da paridade de poder de compra e não as taxas de cambio visto interessar analisar o que o preço realmente representa em cada país, e não o seu valor bruto. Isto é, um determinado preço pode ser muito caro para um país e muito barato para outro, dependendo do custo de vida em cada país, e o que interessa é saber se um preço é caro ou barato tendo em conta a realidade do país, e esse efeito é dado pela paridade de poder de compra.

As variáveis L_SE_PO, L_RI_PO e LFAC_AIR são factores proporcionais à quantidade de portos ou aeroportos existentes em cada país, aplicando para cada porto/aeroporto um factor de ponderação proporcional ao seu tamanho, e somando tudo.

5.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO

Passando agora à fase de aplicação do programa estatístico propriamente dito, serão experimentados diferentes métodos de regressão (começando com um método de mínimos quadrados simples (*OLS*), e depois progredindo para o método dos mínimos quadrados em dois estágios (*2SLS*)) e um grande número de combinações de variáveis, de modo a estudar de maneira o mais aprofundada possível os diferentes resultados obtidos.

Esta foi uma das fases mais morosas e trabalhosas deste trabalho, tendo sido testadas diversas formas de combinação das variáveis independentes com o objectivo de analisar o impacto que a introdução ou remoção de diferentes variáveis no modelo tinha no resultado. Adicionalmente foi intensamente analisada e testada a possibilidade de existência de erros que afectassem os resultados, bem como o processo de correcção dos mesmos de forma a obter a estimação mais eficientes e consistente. Como exemplo deste processo pode-se citar a necessidade que houve de proceder a uma correcção da heterocedasticidade.

Todo este processo foi um caminho que foi sendo percorrido com vista a obter o melhor refinamento possível do resultado final, sendo que o que será seguidamente descrito será apenas um resumo do trabalho que foi realizado, visto não ser viável nem ter sequer interesse descrever exaustivamente todos os passos que foram dados para chegar aos resultados ou conclusões intermédias. Gastou-se também bastante tempo no estudo de hipóteses e assunções que depois se vieram a revelar falsas, pelo que grande parte delas não serão incluídas nesta análise, visto não terem acrescentado nada de relevante ao trabalho, nem terem conduzido a um melhoramento dos resultados.

Para começar, **começou por se efectuar a regressão usando um método dos mínimos quadrados simples (OLS)**, usando todas as variáveis e depois retirando umas e acrescentando outras para testar os resultados inicialmente obtidos. Uma das primeiras conclusões retiradas com base nos primeiros resultados foi que a variável *dummy* de separação o entre as empresas de operação ferroviária e de gestão das infra-estruturas ferroviárias (**DSEP**) deu sempre insignificante, o que não é surpreendente, devido à sua natureza, tendo por isso sido retirada do modelo.

O uso da variável **LTRKM_KM**, parece piorar a qualidade da regressão (valores dos coeficientes menos de acordo com o esperado e significâncias tendem a baixar), e o coeficiente relativo a esta variável é muito elevado (da ordem de 1), o que é expectável e explicado devido à sua alta endogenia e alta correlação com o valor da variável dependente. Como neste método *OLS* é impossível corrigir os problemas resultantes da endogenia, esta variável deixou de ser usada, sendo que entrará novamente no modelo quando se aplicar o método *2SLS*.

Da análise destes primeiros resultados foi também possível concluir que, das variáveis relativas à concorrência, foram as variáveis **LKM_ES** e **LKM_AE** as que apresentaram um melhor comportamento, sendo significantes e negativas, o que significa que quanto melhores forem as estradas de um país, menor a tendência para o crescimento do transporte ferroviário, tal como esperado. O facto de, dentro das variáveis relativas aos meio concorrentes, serem as variáveis relativas às estradas as mais significantes vem de encontro às expectativas, devido ao facto de o transporte por estrada representar inequivocamente o principal meio concorrencial relativamente ao meio ferroviário.

Em geral, a variável **LHAUL** não deu resultados satisfatórios. Nunca foi significativa, e apresenta valores negativos (ainda que não significativos), o que contraria o censo comum de que o transporte ferroviário de mercadorias é mais vantajoso para viagens longas do que para viagens curtas (em que perde muito para o transporte rodoviário), pelo que foi simplesmente abandonada.

Observou-se também que parece haver uma correlação entre as variáveis **LCO2E** e **LGDP_CAP**, devido ao facto de o valor da 2ª variável subir sempre que a primeira é retirada do modelo. Isto poderá ser explicado devido ao facto de a variável **LCO2E** (que pretende representar o grau de industrialização de cada país) estar a absorver parte do efeito da variável **LGDP_CAP**, visto a riqueza de um país e o seu nível de industrialização estarem geralmente estreitamente relacionados.

Nos diferentes testes feitos usando este método (*OLS*), os valores do teste **Durbin-Watson**, que serve para testar eventuais problemas de **autocorrelação** (este é um problema que consiste na correlação entre os resultados em diferentes alturas no tempo, isto é: quando o erro resultante da observação de um ano é dependente dos resultados obtidos noutros anos), não foram muito satisfatórios (à volta de 0.8), indicando que haverá provavelmente problemas de autocorrelação merecedores de atenção. No entanto, é provável que com a aplicação do método de mínimos quadrados a duas fases (*2SLS*), estes problemas sejam minimizados, pelo que se aguardou pelos resultados finais para se avaliar se haverá problemas de autocorrelação que necessitem de correcção.

Em geral os resultados foram bastante satisfatórios, com as principais variáveis a apresentarem valores para os coeficientes dentro dos esperados: a variável **LPRIC_TK** deu consistentemente significativa e com um coeficiente negativo (o que significa que um aumento de preço faz diminuir a procura, como esperado); **LNET**, é também significativa e apresenta um coeficiente positivo (quando mais extensa a rede, mais apelativo se torna o transporte ferroviário e maior a procura); as variáveis relativas à extensão das redes de estradas (concorrência rodoviária) dão significantes e negativas, tal como esperado; e a variável **LAGL**, relativa à quantidade de grandes cidades na região onde cada país se insere, deu significativa e positiva, o que é vem de encontro à ideia de que o transporte ferroviário de

mercadorias se faz geralmente entre grandes pólos urbanos. Um dos últimos resultados obtidos pode ser visto no **anexo A1**.

O próximo passo foi a **passagem ao método de mínimos quadrados em dois estágios (2SLS)**. Neste método a aproximação é algo diferente do anterior, não bastando definir a variável dependente e as variáveis independentes, sendo que também é necessário definir quais as variáveis que serão endógenas, assim como aquelas que serão usadas como instrumentais. Vai-se considerar apenas uma variável endógena, que será a **LTRKM_KM**, e como instrumentais usar-se-ão as variáveis como as relativas ao capital (**LKQEQP** e **LKQP_O**) e às condições atmosféricas (**LSNOW**), para além das restantes variáveis exógenas da função principal.

Os resultados obtidos após as primeiras aplicações deste método foram bastante encorajadores, visto terem sido resultados muito consistentes com os obtidos pelo método dos mínimos quadrados simples (**OLS**). Além disso, o valor do factor de ajustamento (R^2) também subiu, para cerca de 0.95, e o valor do teste de Durbin-Watson também subiu para valores acima de 1 (à volta de 1.3), o que afaste os receios de eventuais problemas de autocorrelação. Quanto ao valor da variável endógena (**LTRKM_KM**), apresenta uma elasticidade muito elevada (à volta de 1), sendo sempre altamente significativa, o que vem de encontro às expectativas.

Uma alteração importante foi que a variável **LDENSI**, que tinha sido um pouco esquecida na análise por **OLS**, foi agora reintroduzida no modelo **2SLS**, com resultados bastante bons: apresenta uma boa significância e um coeficiente negativo, o que é normal, visto em países densos ser normal que o camião seja o meio preferido para transporte de mercadorias.

Observou-se também que a variável **LURBAND** tendia a dar resultados muito insatisfatórios: apresentava baixa significância e a sua introdução parecia fazer piorar os resultados de outras variáveis, nomeadamente as variáveis **LAGL** e **LDENSI**. Isto é explicável devido ao facto de estas 3 variáveis estarem relacionadas (podendo por tal motivo existir problemas de multi-colinearidade), sendo plausível admitir que estas últimas (capturando os efeitos da densidade e número de grande cidades num país) captam o efeito transmitido por **LURBAND**, sendo que se optou por usar esta última apenas como variável instrumental.

Seguidamente, fez-se um teste bastante importante e básico, que ainda não tinha sido realizado, que é a construção de uma **matriz de correlações** com todas as variáveis usadas no modelo. Esta matriz apresenta o valor da correlação (entre 0 e 1) entre todos os pares de variáveis, sendo que em geral valores perto ou acima de 0.9, indiciam uma forte correlação entre variáveis, o que causa problemas de multi-colinearidade. Como regra geral, esses valores devem estar sempre abaixo do factor de ajustamento (R^2) da regressão em causa (neste caso esse valor anda perto de 0.95). No caso das variáveis instrumentais, os valores da correlação devem estar abaixo do valor de R^2 de uma regressão entre a variável endógena e as variáveis instrumentais. Para se encontrar este valor, foi feita esta regressão (ver **anexo A2**) sendo que o valor de R^2 registado foi também bastante elevado, da ordem de 0.97.

Analisando a matriz de correlações obtida (ver **anexo A3**), verifica-se que há uma correlação quase perfeita entre **BHS_WAG** e **BC_WAG** (um valor de correlação de 0.999), o que não é de estranhar, visto as variáveis relativas aos vagões, devido a serem percentagens de um total, estão correlacionadas entre elas. Devido a isto, terá de ser retirada uma dessas variáveis do modelo, que será a **BHS_WAG**. Além destas, há também outro par de variáveis que apresenta um elevado grau de correlação, que são as variáveis relativas ao investimento em infra-estruturas (**LKQP_O**) e equipamento (**LKQEQP**) cujo valor de correlação é de 0.90587. Isto é compreensível visto geralmente o investimento de uma

empresa ser distribuído por essas duas áreas, sendo normal que os ritmos de crescimento de ambos sejam semelhantes. Por isto, retirou-se a variável **LKQEQP** do modelo.

As duas variáveis restantes relativas ao tipo de vagões, não são relevantes para explicar o modelo, apresentando coeficientes bastante baixos, além de nunca darem significativas. Isto já acontecia antes de se retirar a variável **BHS_WAG**, pelo que parece ser algo persistente, sendo que estas variáveis relativas aos vagões serão usadas apenas como instrumentais. A variável **LPC_FRGT** também se revela muito pouco relevante para explicar o modelo, não sendo significativa e apresentando um coeficiente de praticamente zero, por isso será também usada unicamente como variável instrumental.

Algumas das variáveis que foram consideradas de início foram sendo abandonadas ao longo do modelo devido ao facto de os valores das suas significâncias serem consistentemente muito maus e de se considerar que nada tinham a acrescentar ao modelo. Entre essas variáveis estão por exemplo as variáveis relativas à orografia de cada país (**LSURVEY**) ou à quantidade de subsídios recebidos pelas empresas (**LPC_SU_R**). Esta última, embora para o transporte de passageiros se revele geralmente importante, não é de espantar que no caso das mercadorias já não tenha tanto impacto, devido ao facto de a maioria dos subsídios se canalizarem para o transporte de passageiros, e não de mercadorias.

O resultado final obtido com o método dos mínimos quadrados a duas fases (2SLS), antes de terem sido feitas as correcções de heterocedasticidade necessárias, é apresentado no **anexo A4**. Os resultados deram dentro do esperado, à excepção do coeficiente de **LGDP_CAP**, que deu com sinal negativo, o que é algo surpreendente.

Para testar se esta tendência se devia apenas ao efeito dos “países de leste” (que durante a década de 90 sofreram uma grande redução no transporte ferroviário em geral, ao passo que a sua riqueza aumentou, o que poderia explicar este valor negativo do coeficiente **LGDP_CAP**) separou-se esta variável em duas diferentes, uma para os dados dos “países de leste”, e a outra para os dados dos restantes países. O objectivo desta separação foi poder-se avaliar o efeito que os “países de leste” têm no **LGDP_CAP**. No entanto, correndo a regressão com estas duas variáveis verificou-se que ambas apresentam um coeficiente negativo da mesma ordem de grandeza do que é apresentado por **LGDP_CAP**, pelo que se chegou à conclusão de que este valor negativo não é justificado pelos “países de leste”.

Testou-se ainda o que aconteceria a **LGDP_CAP** se fosse retirada a variável **LCO2E** do modelo, devido a esta poder estar a absorver em parte o efeito da riqueza, visto traduzir o grau de industrialização dos países, que é uma variável fortemente relacionada com a riqueza. Procedendo à retirada **LCO2E** do modelo, o único impacto de relevo foi a variável **LGDP_CAP**, tal como era esperado, sendo que a sua elasticidade subiu para cerca de -0.10, e deixou de ser significativa (nível de significância de cerca de 20%). Isto significa que as duas variáveis estão realmente relacionadas, sendo que **LCO2E** absorve um pouco o efeito de **LGDP_CAP**.

5.3. AVALIAÇÃO E CORRECÇÃO DE HETEROCEDASTICIDADE

Depois de ter sido feita a escolha de todas as variáveis a usar, e de os resultados já estarem estabilizados, encontrando-se o modelo quase finalizado, foi necessário verificar se este não sofre de problemas de heterocedasticidade.

Para verificar se existem problemas de heterocedasticidade, pode-se recorrer a alguns testes, sendo que o mais corrente é o **teste de White**. Este teste permite verificar se existe homocedasticidade (o contrário de heterocedasticidade), o que significa que se o teste falhar a hipótese de homocedasticidade não é verificada, havendo por isso problemas de heterocedasticidade.

O teste consiste em fazer uma regressão entre o quadrado dos valores dos erros (*residuals*) da regressão original (2SLS), como variável dependente, e os produtos cruzados das variáveis independentes da regressão original, bem como os seus quadrados, como variáveis independentes. Seguidamente analisa-se o valor do R^2 resultante. O valor do teste é o produto desse valor pelo número de observações, e segue uma distribuição do tipo de Chi-quadrado com um número de graus de liberdade igual ao número de variáveis independentes.

O que foi feito neste trabalho não foi exactamente um teste de White, mas sim uma variante, em que as únicas variáveis independentes usadas na regressão foram os quadrados das variáveis independentes originais, e não os produtos cruzados entre elas. Isto deve-se ao facto de o programa não ter programada uma função deste tipo, pelo que seria excessivamente trabalhoso e moroso estar a criar todas as variáveis dos produtos cruzados. Ainda assim, é expectável que este modelo modificado dê resultados aproximados suficientemente satisfatórios.

Depois de criadas as variáveis relativas ao erro ao quadrado (RESID2) e todas as variáveis independentes ao quadrado, fez-se uma regressão (do tipo *OLS*) entre elas, cujo resultado é apresentado no **anexo A5**. O valor de R^2 obtido foi de 0.3726390, sendo que o número de observações, é igual a 227, pelo que o produto de ambos é igual a **84.589053**. Comparando este valor com o valor de uma distribuição de Chi-quadrado com tantos graus de liberdade como o número de variáveis independentes (26), verifica-se que este valor é igual a **38.88514**, para um valor de α igual a 0.05. Verifica-se portanto que o valor do teste superior ao valor de referencia dado pela distribuição de Chi-quadrado, o que significa que o teste falhou, não sendo verificada a hipótese de homocedasticidade, **sendo provável que haja problemas de heterocedasticidade**.

Sabendo da possível existência de fenómenos de heterocedasticidade, importava saber quais as variáveis que poderiam estar a causar esse problema. Para tal, analisou-se os resultados da regressão entre o erro ao quadrado e as variáveis independentes ao quadrado (anexo A5), para tentar descobrir quais as variáveis que se revelaram mais significativas para explicar o erro. As variáveis que se revelarem suspeitas, foram analisadas com mais detalhe através de gráficos que relacionem essas variáveis com o erro. Tentar-se-á descortinar-se um padrão no gráfico que revele heterocedasticidade, ou seja, estudar-se-á se o erro aumenta em proporção com o valor de cada variável. Se assim for, é porque provavelmente essa variável apresenta heterocedasticidade.

Da análise da regressão anterior, verifica-se que há um conjunto relativamente vasto de variáveis que apresentam uma significância elevada, o que indica que o crescimento dessas variáveis pode explicar o crescimento do erro. As variáveis que se revelaram bastante significantes foram as seguintes: LPRIC_TK, LAGL, LGDP_CAP, LOREMEI, LFUELEI, LMANFEI, LAGRMEI, LTRKM_KM e LCO2E. As variáveis D_ELECT e BC_WAG também apresentam significâncias elevadas, mas não foram consideradas, por motivos diferentes. No caso da primeira variável, não foi considerada por se tratar de uma variável *dummy*, sendo que não faz sentido que uma variável deste tipo sofra de heterogeneidade. Quanto à BC_WAG, não foi considerada porque embora se tenha revelado significativo, o coeficiente associado é praticamente zero, não tendo portanto qualquer impacto relevante no erro.

Destas variáveis, a única que apresenta uma clara heterocedasticidade é a variável LAGL, cujo gráfico se apresenta em seguida:

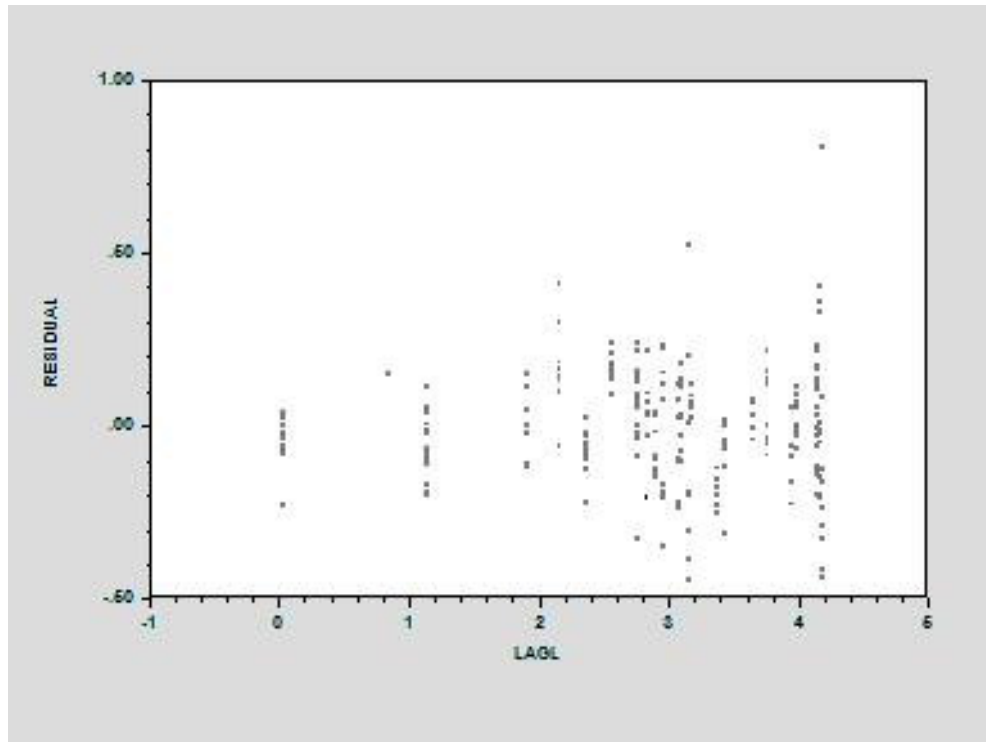


Fig.3 – Gráfico do erro em função da variável LAGL

Pode-se observar na figura 3 que a variável LAGL apresenta uma clara heterocedasticidade visto o erro aumentar proporcionalmente ao aumento desta variável. O gráfico apresenta uma forma afunilada, deitada, com a parte mais larga do lado direito (valores mais elevados), o que significa que o erro aumenta com o aumento do valor da variável. O facto de ter a forma de um funil deve-se ao facto de o erro ser aleatoriamente positivo ou negativo, pelo que tanto aumenta para o lado positivo como para o negativo. Os restantes gráficos, relativos às outras variáveis que foram consideradas, podem ser observados nos anexos **A6** a **A14**.

Perante o facto de que há efectivamente problemas de heterocedasticidade, é necessário aplicar métodos para os corrigir, sendo que o programa estatístico em que o trabalho foi desenvolvido tem incorporadas ferramentas que permitem corrigir este problema.

A correcção que vai ser aplicada neste caso é uma correcção baseada no uso de uma matriz robusta de covariância para heterocedasticidade (*robust covariance matrix for heteroscedasticity*), que corrigirá os problemas de heterocedasticidade. Esta correcção é feita com base nos resultados obtidos através de um teste de White. Este modelo apresenta três variantes diferentes (Hc1, Hc2 e Hc3), sendo que a que será usada neste caso será a terceira (Hc3), visto ser a mais apropriada para bases de dados pequenas a moderadas, como é o caso. Esta correcção não vai provocar mudanças nos valores dos coeficientes nem no grau de ajustamento da regressão (R^2), mas simplesmente nas significâncias das variáveis. Isto acontece porque a heterocedasticidade não causa problemas de enviesamento, mas apenas de consistência.

Estando escolhida qual a correcção de heterocedasticidade a aplicar, esta foi usada no modelo final da regressão obtido pelo método dos mínimos quadrados a duas fases (2SLS), sendo que o resultado obtido é o resultado final, e representa o culminar do trabalho desenvolvido nesta tese, que será posteriormente analisado.

5.4. RESULTADOS FINAIS

Seguidamente, apresenta-se a tabela com os resultados finais:

Quadro 2 – Resultados finais da regressão

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
TIME	.01326482	.00509729	2.602	.0093	6.23348018
LPRIC_TK	-.28831924	.09529581	-3.026	.0025	1.69860529
LNET	.23820359	.06016267	3.959	.0001	8.55625004
LAGL	.18473613	.05279182	3.499	.0005	2.96093979
LOIL_PRC	.21443622	.11053870	1.940	.0524	-.22126780
LGDP_CAP	-.31191463	.09431093	-3.307	.0009	9.59686779
LOREMEI	-.12647969	.07887526	-1.604	.1088	.60680997
LFOODEI	.17990057	.06801093	2.645	.0082	1.68462079
LFUELEI	-.22436192	.06139428	-3.654	.0003	1.22732172
LMANFEI	-.04279675	.09737898	-.439	.6603	3.75716363
LAGRMEI	.16282023	.05671568	2.871	.0041	.34422679
D_ELECT	-.67772959	.23531888	-2.880	.0040	.95594714
DL_PELEC	.29520943	.04504611	6.553	.0000	3.44207636
D_SE_POR	.00960483	.11700597	.082	.9346	.73568282
DL_SE_PO	.09017522	.04367981	2.064	.0390	1.76685879
D_RI_POR	.02349873	.05741615	.409	.6823	.43612335
DL_RI_PO	.11361420	.03184692	3.568	.0004	.38512530
LFAC_AIR	-.02355999	.03635685	-.648	.5170	2.72132742
LKM_ES	-.24065246	.07105776	-3.387	.0007	11.4630268
LKM_AE	-.15467301	.03967710	-3.898	.0001	6.62427220
LTRKM_KM	1.02455682	.16395297	6.249	.0000	1.28287312
Constant	10.4696319	.93866328	11.154	.0000	
LDENSI	-.17725798	.05042138	-3.516	.0004	4.59869645
LCO2E	.25985423	.04654670	5.583	.0000	2.07820808

Da tabela apresentada podem-se retirar todos os valores necessários para a análise de resultados, como sejam por exemplo os coeficientes relativos a cada variável independente, que podem ser encontrados na coluna com valores mais à esquerda, sob o nome de “*Coefficient*”. As estatísticas relativas à significância também podem ser encontradas, na penúltima coluna mais à direita, sob o nome de “ $P[|Z|>z]$ ”. As restantes colunas apresentam os valores relativos ao desvio padrão, debaixo da coluna “*Standard Error*”, o valor do coeficiente dividido pelo desvio padrão, sob a coluna “*b/St.Er.*”, e o valor médio de cada variável, sob a coluna “*Mean of X*”.

No “cabeçalho” do quadro, podem ser encontradas várias estatísticas relativas à regressão, como sejam o valor do R^2 (*R-squared*) o número de observações totais (*Number of observs.*) ou o coeficiente de Durbin Watson (*Durbin-Watson Stat.*), entre outras. Nessa secção é também referido o facto de se ter usado uma correcção de heterocedasticidade: *White heteroscedasticity robust covariance matrix*. São também indicadas quais as variáveis instrumentais (*Instrumental Variables*) que foram usadas, sendo que essa lista não contém só as variáveis instrumentais usadas (contém também as variáveis independentes).

Uma breve análise das variáveis usadas (tanto como variáveis independentes como variáveis instrumentais) permite verificar que algumas das variáveis que foram ponderadas no início deste capítulo não foram usadas. Isto deve-se ao facto de terem sido descartando ao longo do modelo, como já foi referido, devido ao facto de não estarem a contribuir satisfatoriamente para uma melhoria global do modelo.

ANÁLISE DE RESULTADOS

6.1. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS FINAIS

6.1.1. ANÁLISE GENERALISTA DOS RESULTADOS OBTIDOS

Nesta secção far-se-á uma análise aos resultados obtidos, começando em primeiro lugar por se fazer uma análise mais genérica, passando-se seguidamente para uma análise em detalhe, estudando os resultados variável a variável, procurando interpretar da melhor maneira todos os valores obtidos.

Em termos gerais, os resultados finais apresentados no quadro 2 foram satisfatórios, sendo que o valor de R^2 obtido foi elevado e a maioria das variáveis independentes foram estatisticamente significantes. O valor de R^2 obtido (0.95) foi elevado, o que indica que o modelo se adapta bastante bem aos dados, não sendo no entanto excessivamente elevado, o que poderia indiciar problemas, como a existência de multi-colinearidade. O coeficiente de **Durbin-Watson** observado foi de cerca de 1.18, o que indica que não deve haver problemas de autocorrelação (como regra geral, pode-se dizer que há razão para alarme para valores inferiores a 1) e o valor de **Rho** (estatística relativa à presença de autocorrelação) obtido foi de perto de 0.41. O número total de observações foi de 227, o que, sem ser muito elevado, é já um número razoável, o que significa que a amostra é suficiente grande para que os resultados obtidos possam ser considerados representativos e fiáveis.

6.1.2. ANÁLISE DETALHADA DE CADA VARIÁVEL

Passando agora à análise em detalhe de cada variável, vai-se analisar e interpretar o valor da elasticidade de cada uma, bem como a sua significância. É necessário realçar que **os dados usados para esta análise são relativos à década de 1990-2000, pelo que todas as conclusões retiradas se aplicaram para essa década**. De um modo geral as conclusões retiradas destes dados aplicam-se também à realidade actual, mas ainda assim isso não é completamente garantido, podendo ter havido alterações na conjectura politico-económica que tenham feito com que algumas das análises feitas sobre estes dados já não sejam verdadeiras. Ainda assim, e como já se disse, muito provavelmente isso não se verifica, sendo que as conclusões daqui retiradas se poderão aplicar à realidade actual

A primeira variável que aparece na tabela dos resultados é a variável **TIME**, que apresenta um coeficiente ligeiramente positivo (**+0.013**), e se revela muito significativa (**significância a um nível inferior a 1%**). É preciso referir que esta variável não vem dada em forma de logaritmo, logo, o valor do seu coeficiente não pode ser interpretado como uma elasticidade, mas sim apenas como um valor indicativo. Assim sendo, este resultado não pode ser interpretado de forma quantitativa, mas apenas qualitativa. Este valor positivo indica que **há uma tendência natural para o aumento dos**

transportes ferroviário de mercadorias no tempo, o que é algo bastante positivo. Essa tendência é provavelmente ténue, mas ainda assim é algo que não deve ser desprezado, tendo sido uma variável significativa para explicar o modelo.

Seguidamente passa-se à análise da variável **LPRIC_TK**, relativa ao preço médio do transporte, sendo que esta variável apresenta um **coeficiente de cerca de -0.288**, e é **significante a um nível inferior a 1%**. Isto significa que é uma variável muito significativa para o modelo, e apresenta um coeficiente negativo, o que denota que um aumento do preço do transporte vai provocar uma redução da procura, tal como seria de esperar. Este valor da elasticidade de -0.288 significa que um aumento de 1% do preço vai provocar uma diminuição de 0.288% da procura (ou por outro lado, uma diminuição do preço vai provocar um aumento da procura), o que é algo bastante significativo, **visto indicar que uma redução dos preços se pode revelar como uma importante ferramenta para atrair mais clientes para o transporte ferroviário**. Na realidade actual, em que os mercados ferroviários estão cada vez mais liberalizados, isto é algo bastante importante, visto a criação de novas companhias e o fomento da concorrência fazer descer os preços, o que atrairá mais clientes para este meio.

A próxima variável a ser analisada será **LNET**, que é relativa ao comprimento total da rede ferroviária por país. Esta apresenta um coeficiente aproximadamente de **+0.238**, e **revela-se também muito significativo**. Isto significa que um aumento desta variável terá sem dúvida um impacto positivo na procura, o que é natural, visto quanto maior e mais densa for a rede ferroviária mais atractiva se torna para os potenciais utilizadores. Há **duas leituras que se podem fazer deste resultado**, sendo que a primeira e mais natural é que **um aumento de 1% da extensão da rede ferroviária vai provocar um aumento de 0.238% na procura em termos de tonelada por quilómetro de rede**. No entanto, como esta variável é relativa justamente ao comprimento total da rede, o aumento total das toneladas transportadas vai ser bem maior, visto não só se aumentar o valor das toneladas transportadas por quilómetro de rede, mas sim também o número de quilómetros de rede. Isto **significa que para um aumento de 1% da extensão da rede vai haver um aumento de 1.238% (1+0.238) do total de toneladas de mercadorias transportadas**.

Isto pode ser facilmente compreendido se se observar a função (1), sendo que a variável dependente (toneladas transportadas por quilómetro de rede) pode ser separada em duas partes (toneladas transportadas e quilómetros de rede), resultando no logaritmo das toneladas totais menos o logaritmo dos quilómetros de rede, devido ao facto de logaritmo de uma divisão ser igual ao logaritmo do numerador menos o logaritmo do denominador. Passando o logaritmo da variável relativa aos quilómetros para o lado das independentes, esta vai somar-se à variável **LNET**, sendo que a elasticidade desta variável, em relação às toneladas totais transportadas será igual à soma da sua elasticidade original com 1 ($0.238+1=1.238$), como foi referido em cima.

Este resultado é bastante interessante e animador, visto indicar que um aumento da rede, seja pela construção de novas linhas ou reabertura de linhas antigas, é um forte impulsionador da procura ferroviária.

Passando agora à análise da variável **LAGL**, relativa ao número de grande núcleos urbanos existentes na região onde se encontra cada país, verifica-se que também é **muito significativo (significância a um nível inferior a 1%)**, sendo que o coeficiente associado é de **+0.185**. Isto é sinal de que a procura deste transporte será tanto maior, quanto maior for o número de grandes aglomerações urbanas na região, o que é normal e esperado, na medida em que este transporte faz-se geralmente entre pólos urbanos ou industriais (que estão quase sempre associados aos pólos urbanos). Este valor da elasticidade de +0.185 **significa que um aumento de 1% do número de grande núcleos urbanos na região provoca um aumento de 0.185% na procura por transporte ferroviário de mercadoria**.

No entanto esta leitura não faz muito sentido devido à natureza da variável em causa, sendo que não faz muito sentido falar de um aumento de $x\%$ do número de grandes cidades numa região, pelo que a interpretação deve ser feita mais de uma maneira qualitativa. Deste modo, a conclusão a retirar é que este tipo de transporte tem mais sucesso em regiões onde haja uma concentração elevada de grandes cidades, o que é natural, visto os grandes núcleos urbanos gerarem importantes movimentos de transporte de pessoas e bens entre eles. Pode-se ainda especular que este é um meio de transporte mais indicado para fazer transportes entre grandes núcleos, e não entre pequenas aglomerações urbanas, cujo volume de mercadorias movimentado é pequeno, sendo que geralmente o meio rodoviário é preferido.

Analisando a variável **LOIL_PRC**, relativa ao preço do petróleo em cada ano, em cada país, verifica-se que esta **apresenta um nível de significância de cerca de 5%**, o que denota que é também muito significativa, sendo que a sua elasticidade é de **+0.214**. Isto indica que a procura do meio ferroviário aumenta com o aumento do preço do petróleo, o que tem toda a lógica, visto um aumento do preço do petróleo ter como consequência o aumento do preço dos combustíveis, tornando o meio rodoviário mais caro. Como o preço dos combustíveis é um dos componentes com mais peso nos custos globais do transporte por estrada, há uma tendência para quando estes sobem a procura para esse meio diminua, passando para outros meios alternativos, como o transporte ferroviário, que é muito menos afectado pelo preços dos combustíveis, visto muitas vezes ser alimentado electricamente, e mesmo nos casos em que não o é, o peso do combustível não ter um peso tão elevado como no caso dos camiões. De acordo com os resultados, um aumento de 1% no preço dos combustíveis provocará um aumento de 0.214% na procura de transporte ferroviário de mercadorias, o que é algo bastante positivo, principalmente nos tempos actuais, em que o preço do petróleo tem vindo a subir em flecha.

Quanto à variável **LGDP_CAP**, relativa à riqueza de cada país (PIB per capita), é **muito significativa (nível de significância inferior a 1%)**, sendo que apresenta uma elasticidade de **-0.311**, o que indica que a procura ferroviária tende a decrescer com o aumento da riqueza. **Este é provavelmente o resultado deste trabalho de mais difícil interpretação**, visto ser expectável que com o aumento da riqueza de um país todos os meios de transporte aumentarem, incluindo o ferroviário. Esta tendência nem sequer pode ser justificada pelo efeito dos chamados “países de leste”, visto essa hipótese ter sido testada na aplicação do método de regressão, não se tendo revelada verdadeira. Assim sendo, importa perceber o porquê do coeficiente desta variável estar a dar negativo, com um impacto de -0.311 (um aumento de 1% na riqueza de um país provoca uma redução de 0.311% no transporte ferroviário de mercadorias) na variável dependente.

É preciso em primeiro lugar lembrar que esta variável, relativa à riqueza, não está a representar o grau de industrialização dos diferentes países, devido a esse efeito estar a ser absorvido pela variável relativa à quantidade de dióxido de carbono emitida pelos países (LCO2E), que tem uma relação mais directa com o grau de industrialização do que propriamente a riqueza de um país. Isto pode justificar em grande parte o facto de este coeficiente estar a dar negativo, visto o coeficiente relativo à industrialização propriamente dita ser positivo (coeficiente de LCO2E é positivo). Tendo isto em conta, **esta elasticidade negativa será provavelmente devida ao facto de o aumento da riqueza de muitos países nos anos 90 ter dado azo a uma grande melhora da rede de estradas (casos por exemplo de Portugal e Espanha), o que veio beneficiar o meio rodoviário, em detrimento do transporte por via férrea**. Ou seja, a riqueza tende a ser (pelo menos nos anos 90 foi o que se passou) aplicada na melhoria da rede rodoviária e não tanto na rede ferroviária. Felizmente, nos dias que correm esse paradigma parece estar a mudar, havendo actualmente mais investimentos em novas linhas ferroviárias, bem como em melhoras das existentes, o que poderá vir a alterar este cenário.

Analisam-se seguidamente as variáveis relativas às importações e exportações de variados tipos de produtos por país. Começando pela variável **LOREMEI**, relativa às importações e exportações de minério e metal, verifica-se que apresenta um coeficiente negativo (**-0.126**), sendo que **apresenta um nível de significância de 10.9%**, estando no limiar dos resultados aceites como estatisticamente significantes. Esta elasticidade negativa indica que um aumento da percentagem do total de importações e exportações relativa a estas matérias-primas provocará uma diminuição do transporte ferroviário de mercadorias, o que **significaria que o aumento do transporte deste tipo de mercadorias não iria beneficiar o transporte ferroviário, antes pelo contrário**. Este resultado é de difícil compreensão, devido ao facto de este tipo de materiais pesados como o minério e o metal estarem muita vezes associados ao transporte ferroviário. No entanto, como estas variáveis relativas às importações e exportações estão associadas a transportes internacionais, devido à sua natureza, pode-se especular que o transporte internacional destas mercadorias é geralmente feito através de outros meios, como sejam por exemplo a via marítima, sendo que a sua variação vai afectar pouco o transporte ferroviário. Ainda assim, o resultado não apresenta uma significância muito boa, além de que apresenta um coeficiente relativamente baixo.

Passando à análise de **LFOODEI**, relativa à quantidade de importações e exportações de alimentos, revela-se que esta **é altamente significativa** (nível de significância inferior a 1%), sendo que apresenta um coeficiente positivo (**+0.180**), o que significa um aumento de 1% do *share* de importações e exportações de comida vai provocar um aumento de 0.180% no transporte. Isto significa que o aumento do transporte deste tipo de mercadorias, em detrimento de outras, provoca um aumento do transporte ferroviário de mercadorias, o que pode ser interpretado como o facto deste tipo de mercadorias (alimentos) ser um produto com um peso significativo no transporte ferroviário de mercadorias. Esta conclusão é algo estranha, devido a que geralmente os bens perecíveis como os alimentos não serem transportados por via férrea, visto este ser um meio de transporte que não proporciona geralmente velocidades rápidas ou uma grande fiabilidade, pelo que este resultado é de difícil compreensão, tratando-se possivelmente de uma interpretação desviante do modelo.

Quanto à variável **LFUELEI**, relativa à quantidade de importações e exportações de combustíveis, esta apresenta um coeficiente negativo (**-0.224**), sendo que **é muito significativa** (nível de significância inferior a 1%), o que significa que um aumento de 1% desta variável vai provocar uma diminuição de 0.224% no transporte ferroviário de mercadorias. Isto pode ser interpretado pelo facto de o transporte internacional deste tipo de mercadorias (a variável só analisa o transporte internacional, visto ser relativa às importações e exportações) ser feito geralmente por meio marítimo, e não ferroviário, pelo que o aumento do *share* de importações e exportações de combustíveis vai retirar *share* a outros produtos que possivelmente possam ser transportados internacionalmente por comboio, justificando esta elasticidade negativa.

Analisando a variável **LMANFEI**, relativa à quantidade de importações e exportações de produtos manufacturados, verifica-se que esta **não é minimamente significativa** (nível de significância de 66%), sendo que não se podem tirar quaisquer conclusões relativamente à sua elasticidade. Este resultado não é satisfatório, devido ao facto de os produtos como a maquinaria e os artigos manufacturados representarem uma parte importante do total de mercadorias transportadas pelo meio ferroviário, pelo que seria de esperar que fosse significativa.

Por último, passando à variável relativa às importações e exportações de produtos agrícolas (**LAGRMEI**), esta apresenta um coeficiente positivo (**+0.163**), sendo que **tem um nível de significância inferior a 1%**. Isto significa que um aumento do transporte deste tipo de mercadoria irá fazer aumentar o transporte ferroviário de mercadorias, o que não é de estranhar, devido a que

mercadorias como por exemplo os cereais, serem bastante apropriadas para o transporte ferroviário, visto ser um tipo de mercadoria a granel, e que não precisa de urgência no transporte.

Em resumo, **as 5 variáveis relativas à percentagem de importações e exportações dão resultados pouco satisfatórios**. As variáveis são todas significantes menos uma, sendo que a que não o é o deveria ser, visto visar um tipo de mercadorias muito transportadas por via-férrea (LMANFEI). **Estes maus resultados devem-se muito provavelmente ao facto de estas variáveis**, devido a serem baseadas nas importações e exportações, **serem relativas a transacções internacionais**. E como a maioria do tráfego ferroviário em cada país é nacional e não internacional estas variáveis não conseguem caracterizar correctamente o transporte ferroviário das diferentes mercadorias em cada país, falhando no seu objectivo.

Seguidamente passa-se à análise das variáveis relativas à electrificação da rede, sendo que há que analisar a variável dummy relativa à existência ou não de troços electrificados na rede de cada país (**D_ELECT**), bem como a variável relativa à percentagem da rede que é electrificada (**DL_PELEC**), no caso dos países em que existe rede electrificada.

Quanto à primeira (**D_ELECT**), **é significativa** (nível de significância inferior a 1%), sendo que apresenta um coeficiente negativo (-0.678). No entanto, visto ser uma variável *dummy*, este valor não pode ser interpretado como uma elasticidade, visto uma leitura quantitativa não fazer sentido. No entanto pode-se interpretar o sinal do coeficiente, que **indica que a electrificação da rede é algo negativo para o transporte de mercadorias**. Isto não é de espantar, visto a introdução da electrificação vir tornar a rede mais complexa, sendo que, a menos que a extensão electrificada seja considerável, o transporte de mercadorias se continuará a fazer maioritariamente usando tracção diesel. Analisando agora a variável **DL_PELEC**, relativa à percentagem de rede electrificada, verifica-se que esta apresenta um **coeficiente positivo (+0.295)**, sendo também **altamente significativa** (nível de significância inferior a 1%). Isto é natural, vindo até apoiar a análise feita para a dummy, pela análise feita anteriormente, sendo que a electrificação só beneficia verdadeiramente as mercadorias se for a uma escala suficientemente grande, **sendo por isso natural que um aumento da percentagem de electrificação da rede beneficie o transporte de mercadorias**. No limite, nos países que têm toda a rede electrificada, a exploração de comboios de mercadorias pode ser toda feita usando tracção eléctrica, com vantagens nos custos de operação e manutenção, quando comparados com a operação feita usando tracção diesel.

Analisando agora as variáveis relativas aos portos de mar (**D_SE_POR** e **DL_SE_PO**), observa-se que a *dummy* (**D_SE_POR**) **não é minimamente significativa**, sendo que não se fará qualquer análise relativa a esta variável. Quanto à variável **DL_SE_PO**, relativa à quantidade e tamanho dos portos de mar existentes em cada país, esta **é significativa** (nível de significância inferior a 5%), sendo que apresenta uma ligeira elasticidade positiva (**+0.090**). Isto indica que **a existência de mais e maiores portos fomenta o transporte ferroviário de mercadorias**, indicando que o transporte marítimo é mais um meio complementar do que propriamente concorrencial. Isto é natural, principalmente se se tiver em conta que **grande parte do tráfego marítimo é intercontinental**, pelo que não pode ser considerado um meio concorrencial ao transporte terrestre, mas sim como um complemento, sendo que **estas rotas marítimas intercontinentais vêm alimentar o tráfego terrestre**, que tem de levar as mercadorias até ao seu destino final.

Passando agora às variáveis relativas aos portos interiores (**D_RI_POR** e **DL_RI_PO**), que procuram representar o transporte fluvial, observa-se que, tal como nas variáveis relativas aos portos de mar, a variável *dummy* (**D_RI_POR**) **não é minimamente significativa**, pelo que não se fará igualmente qualquer análise ao valor da sua elasticidade. Quanto à variável **DL_RI_PO**, relativa ao tamanho e

quantidade de portos de rio existentes em cada país analisado, observa-se que apresenta uma elasticidade positiva (+0.114), sendo que **é altamente significativo** (nível de significância inferior a 1%), o que **significa que, tal como acontece com os portos de mar (mas com uma expressão ainda maior, visto apresentar uma elasticidade maior), um aumento do número e tamanho dos portos de rio em cada país resulta num aumento do transporte ferroviário de mercadorias**. Isto é sinal de que o transporte fluvial não funciona como um meio concorrente ao transporte ferroviário, mas sim como um meio complementar. Neste caso a interpretação não pode ser a mesma que foi feita para os portos de mar, visto o transporte fluvial ser um transporte que é feito dentro de terra, e não por mar ou de cariz principalmente intercontinental. Ainda assim, não é difícil de compreender que **o transporte fluvial funciona como um meio complementar ao meio ferroviário, sendo que realiza o transporte entre os diferentes portos fluviais. Quando as mercadorias chegam aos portos é necessário na maior parte das vezes continuar o seu transporte por terra** (tendo em conta que as redes de canais fluviais navegáveis são geralmente relativamente limitadas), pelo que o transporte ferroviário será um dos beneficiados.

Fazendo um resumo da análise das variáveis relativos ao transporte por barco (seja por mar ou por rio) **chega-se à conclusão que estes meios de transporte não funcionam afinal como meios concorrentes ao transporte ferroviário, mas sim como meios complementares**, o que não é algo de surpreendente, embora estas variáveis tenham sido inicialmente introduzidas no modelo com ideias de captar o efeito de meios de transporte concorrentes.

Analisando agora a variável relativa ao transporte aéreo (L_{FAC_AIR}), conclui-se que esta **não é minimamente significativo**, pelo que não se poderão retirar quaisquer conclusões acerca da sua elasticidade. **A falta de significância desta variável deve-se provavelmente ao facto de a praticamente totalidade do tráfego aéreo de mercadorias ser internacional, sendo que uma parte significativa é intercontinental**, pelo que o meio aéreo não se apresenta como um meio de transporte concorrente do meio ferroviário. Podia no entanto revelar-se como um meio complementar, como acontece com os meios marítimo e fluvial, mas isso não acontece. Pode-se especular que isso não acontece devido ao facto de não haver geralmente uma boa articulação da rede ferroviária com os aeroportos, contrariamente ao que acontece com os portos, que geralmente são servidos pela rede ferroviária.

Passando-se agora à análise das variáveis relativas às estradas de cada país (L_{KM_ES} e L_{KM_AE}), usadas no modelo para representar as condições do transporte rodoviário, que é sem dúvidas o principal meio concorrente do transporte ferroviário, vai-se proceder a uma análise em separado de cada uma das variáveis. A primeira (L_{KM_ES}), é relativa ao comprimento total da rede de estradas pavimentadas de cada país, **representando o tamanho e densidade da malha rodoviária em cada país**, sendo que a segunda (L_{KM_AE}), relativa ao comprimento total de auto-estradas, procura mais ser um **indicador relativo à qualidade da rede de estradas** (uma rede com mais quilómetros de auto-estrada tem melhor qualidade que uma rede com poucos quilómetros)

Analisando os resultados relativos à variável L_{KM_ES}, observa-se que esta **é altamente significativo** (nível de significância inferior a 1%), sendo que apresenta um coeficiente negativo e relativamente alto (-0.241), o que vem de encontro às expectativas. Isto quer dizer que **um aumento de 1% no comprimento da rede de estradas asfaltadas provocará uma diminuição de 0.241% na procura por transporte ferroviário de mercadorias**, o que é explicado devido ao facto de uma rede rodoviária mais extensa tornar o transporte por estrada mais atractivo e versátil, em detrimento do transporte ferroviário. Este resultado vem, como já foi comentado, ao encontro do esperado, sendo que o transporte ferroviário é claramente dependente da concorrência rodoviária.

Quanto à variável **LKM_AE**, relativa aos quilómetros de auto-estradas, esta é **também muito significativa** (nível de significância inferior a 1%), apresentando um coeficiente negativo (**-0.155**), ainda que inferior ao apresentado pela variável anterior. **Este resultado é positivo, vindo confirmar as suposições feitas, verificando-se que o aumento da rede de auto-estradas de um país (melhoramento da qualidade da rede de estradas) provoca uma redução na procura ferroviária**, visto criar condições mais atractivas para o transporte ferroviário, retirando tráfego ao meio ferroviário. **Esta variável apresenta no entanto uma elasticidade menos expressiva que a variável LKM_ES, o que indica que a extensão e densidade da rede rodoviária de um país é mais importante do que a sua qualidade (quilómetros de auto-estrada), para avaliar as condições da concorrência do transporte rodoviário.**

Seguidamente analisa-se a variável **LTRKM_KM**, relativa à frequência dos serviços ferroviários existentes. Esta variável é altamente endógena, e foi tratada como tal, sendo que tem **uma relação bastante forte com a procura**, sendo de esperar que apresente uma elasticidade muito elevada. Analisando-se os valores obtidos, verifica-se que a variável é **altamente significativa** (nível de significância inferior a 1%), e apresenta uma elasticidade elevadíssima (**+1.025**), tal como era esperado. Isto indica que um aumento de 1% da frequência dos comboios origina um aumento de 1.025% da procura, o que **significa que esta variável varia praticamente da mesma forma que a variável depende, relativa à procura**. Isto é compreensível, principalmente se se tiver em conta que as operadoras ferroviárias planeiam as frequências com base na procura existente. No entanto, **estes resultados permitem especular que um aumento da frequência poderá ser uma boa opção para tornar o transporte ferroviário mais atractivo para os clientes, fazendo aumentar a procura.**

Analisando agora a variável **LDENSI**, relativa à densidade populacional de cada país, observa-se que esta é **fortemente significativa** (nível de significância inferior a 1%), sendo que apresenta um coeficiente negativo (**-0.177**). Isto significa que países com uma maior densidade populacional, são geralmente menos favoráveis para o transporte ferroviário, visto um aumento de 1% da densidade populacional implicar uma redução de 0.177% da procura por transporte ferroviário de mercadorias. Para explicar este valor, **pode-se especular que isto se deve ao facto de nos países em que a densidade populacional é elevada, o meio rodoviário estar em vantagem**, devido a apenas este meio poder servir todas os locais, sendo que o meio ferroviário serve apenas os principais pólos. Como em países com elevada densidade populacional há geralmente uma distribuição da população mais uniforme e menos concentrada em pólos urbanos específicos, é natural que o transporte por estrada esteja em vantagem, em detrimento do transporte ferroviário, que só serve algumas cidades ou pólos industriais mais importantes.

Analisa-se por último a variável **LCO2E**, relativa às emissões de dióxido de carbono por país, que procura representar o nível de industrialização dos diferentes países. Esta apresenta um coeficiente positivo (**+0.260**), sendo que é **altamente significativa** (nível de significância inferior a 1%). Este resultado vem de encontro ao esperado, sendo que **quanto mais industrializado for um país (quanto maiores forem as emissões de dióxido de carbono), maior será a procura do transporte ferroviário de mercadorias**, tal como seria de prever. Isto é devido a que um maior grau de industrialização vai gerar um incremento do comércio de todo o tipo de mercadorias sendo que parte delas serão transportadas por via-férrea, fazendo aumentar a procura associada a este meio de transporte.

Para terminar, fez-se um resumo dos resultados obtidos, sob a forma de um gráfico, em que serão representadas as variáveis que deram resultados satisfatórios e significantes (variáveis com um nível de significância inferior a 10%). Nestas variáveis não serão incluídas as variáveis *dummy* nem a variável **TIME**, devido ao facto de em ambos os casos não se poder fazer uma interpretação quantitativa baseada no valor dos seus coeficientes. Não serão igualmente incluídas no gráfico as variáveis relativas às exportações e importações, visto ter-se chegado à conclusão de que estas variáveis não estavam a dar resultados satisfatórios.

Apresenta-se seguidamente o gráfico resumo, com as elasticidades de cada variável relativamente à variável dependente relativa à procura de transporte ferroviário de mercadorias (LTOKM_KM – Toneladas*km de mercadorias transportadas por via férrea, por quilómetro de rede ferroviária):

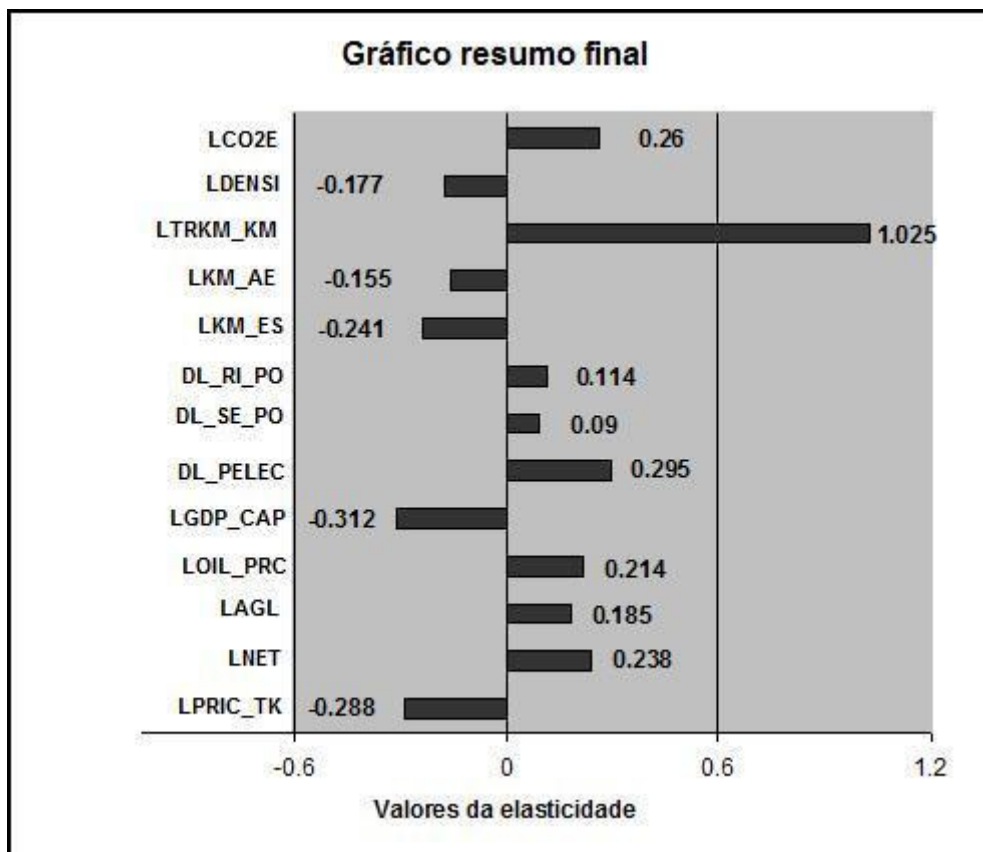


Fig.4 – Gráfico resumo dos resultados finais

Observando o gráfico, o que mais se destaca é o valor da elasticidade da variável LTRKM_KM (frequência). De resto, as elasticidades das diferentes variáveis distribuem-se de uma forma mais ou menos equilibrada.

6.2. COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DE OUTROS ESTUDOS

Neste sub capítulo vai-se comparar os resultados obtidos com os resultados de estudos similares, e procurar retirar algumas conclusões desta análise comparativa. No entanto, devido à escassez de estudos feitos no mesmo molde deste trabalho, apenas é possível comparar os resultados obtidos com os valores obtidos num estudo específico, visto ser o único que aborda a mesma temática e que apresenta os resultados de forma similar, de modo a tornar possível a comparação.

O estudo em questão, com cujos resultados será feita uma comparação é o seguinte: *The demand for rail transport in European countries* – Felix Fitzroy; Ian Smith (1995).

Este estudo usa também uma função similar à usada neste trabalho, sendo que a variável dependente é igualmente a procura de transporte ferroviário de mercadorias, embora seja expressa em Toneladas*km per capita (ao invés do que é usado neste trabalho: Tonelads*km por quilómetro de rede). As **variáveis independentes em comum**, cujas elasticidades serão objecto de análise são as seguintes: **densidade populacional**, **PIB per capita**, **preço**, **frequência** e **densidade da rede** (esta última, embora não exista neste trabalho, tem um forte paralelismo com o comprimento da rede, pelo que será comparada com essa variável).

Quanto à variável relativa à **densidade populacional**, o valor da sua elasticidade apresentado no artigo é de **-1.33**, que é um valor bastante superior ao obtido neste trabalho (**-0.177**). Comparando os dois valores, verifica-se que são ambos negativos, o que é bom sinal, sendo que um aumento de densidade populacional é algo negativo para a procura de transporte ferroviário, em ambos os casos. Quanto à magnitude dos valores, a que foi obtida neste trabalho (-0.177) parece mais razoável, visto o valore de -1.33 parecer claramente grande demais.

Analisando agora a variável relativa ao **PIB per capita**, o valor da elasticidade obtido foi de **0.17**, o que contrasta com o valor de negativo de **-0.312** obtido neste trabalho. No entanto, esta variável não é significativa no estudo em análise, pelo que não se poderão tirar grandes conclusões acerca da sua elasticidade.

Passando à variável **preço**, o valor da elasticidade obtido foi de **-0.35**, sendo que é um valor muito parecido com o que foi obtido neste trabalho (**-0.288**), o que é um bom sinal. De qualquer modo, esta variável também não foi significante no estudo em análise, pelo que não se poderá dar muita importância a este resultado.

Quanto à variável relativa à **frequência**, o seu valor de elasticidade é de **+0.61**, sendo que é algo inferior ao do obtido para este trabalho (**+1.025**). No entanto tem o mesmo sinal e apresenta também uma forte elasticidade, o que é sem dúvida um bom indicador, que vem dar consistência ao resultado aqui obtido.

Por último analisa-se a variável relativa à **densidade da rede**, cuja elasticidade apresenta o valor de **+1.84**. Como nesse estudo a variável dependente não vem dada em função do comprimento da rede, este valor deve ser comparado com a elasticidade do comprimento total da rede relativamente à procura total (e não por quilómetro de rede), cujo valor é **+1.238**. Ambos os valores são positivos e elevados, o que é um bom sinal.

De um modo geral, as elasticidades relativas às variáveis independentes que podem ser comparadas entre os dois estudos apresentam a mesma tendência, o é algo positivo, visto darem uma validação adicional aos resultados obtidos neste trabalho.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, focado no transporte ferroviário de mercadorias na Europa, fez-se primeiro uma análise geral do panorama actual deste meio de transporte, passando-se seguidamente para um estudo estatístico, baseado num modelo agregado de procura, que estuda o impacto que a variação de vários indicadores (variáveis independentes) tem no desempenho deste transporte.

Na primeira parte, em que foi feita uma análise do panorama do transporte ferroviário de mercadorias na Europa, chegou-se à conclusão de que este foi um meio de transporte que perdeu muita importância na segunda metade do século XX, passando claramente para segundo plano. Isto deveu-se principalmente ao forte e continuado crescimento das taxas de motorização na Europa, bem como à melhoria global das estradas, que teve como efeito um enorme crescimento do transporte rodoviário, que rapidamente suplantou o transporte ferroviário em termos de transporte de mercadorias. Na década de 90 o transporte rodoviário continuou a crescer a bom ritmo, ao passo que o ferroviário ficou praticamente estagnado, apresentando geralmente um crescimento muito reduzido.

No entanto, hoje em dia, com o elevado preço dos combustíveis e a necessidade de usar meios de transportes mais ecológicos, a atenção vira-se cada vez mais para o transporte ferroviário. Na Europa, há actualmente uma tendência para a liberalização do mercado ferroviário de mercadorias, com o conseqüente aparecimento de novas companhias privadas, o que faz com que haja uma concorrência saudável que tenderá a tornar este meio de transporte mais competitivo e portanto, mais atractivo para os potenciais clientes. O caminho que será seguido pelas empresas ferroviárias no futuro passará por um de dois caminhos possíveis: uma genuína integração internacional e/ou uma especialização. As empresas que optem pela integração internacional explorarão os benefícios de operarem numa rede internacional, possibilitando a operação de serviços ferroviários internacionais de longo curso, e as que optarem pela especialização tornar-se-ão especialistas em serviços específicos que providenciarão a um nível europeu, o que terá como consequência um aumento generalizado da eficiência e produtividade deste meio de transporte.

Em resumo, pode-se dizer que embora num passado recente o comportamento do transporte ferroviário de mercadorias não tenha sido positivo, estando praticamente estagnado, há hoje em dia uma tendência para o ressurgimento deste meio de transporte como uma credível alternativa para competir com o transporte rodoviário, sendo provável que venha a apresentar um crescimento sustentado nos próximos anos.

Quanto ao estudo estatístico, este foi baseado num modelo agregado da procura, tendo como base dados relativos a 27 países europeus, durante a década de 90. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, sendo que as elasticidades obtidas para as diferentes variáveis independentes deram em geral dentro do que era expectável, com a notável excepção da elasticidade relativa ao produto interno

bruto per capita (LGDP_CAP). Foi feita uma correcta interpretação e análise de todos os valores obtidos, sendo que no final todos os valores foram explicados e compreendidos, mesmo aqueles que tenham dado valores que à partida não seriam os esperados, como a variável relativa ao PIB per capita.

As conclusões que podem ser retiradas a partir dos resultados obtidos são todas bastante generalistas, devido ao cariz *macro* inerente a uma análise agregada da procura deste tipo. As conclusões retiradas de estudos deste tipo servem acima de tudo como apoio à tomada de decisões políticas de grande escala, como por exemplo em que áreas deve haver maior investimento por parte do estado para melhorar o desempenho do transporte ferroviário de mercadorias, ou qual o tipo de políticas mais indicadas para fomentar este meio de transporte.

Com base nos resultados obtidos pode-se analisar que impacto terão as diferentes variáveis estudadas. Conclui-se que políticas e apoios que incentivem um aumento da frequência por parte das operadores ferroviárias, assim como a construção de novas linhas de caminho de ferro são duas medidas que têm um forte impacto positivo neste transporte, sendo aquelas que têm mais peso, dentro da análise que foi feita. A adopção de políticas que promovam a redução do preço deste meio do transporte, também se revela importante, visto o preço ter um peso importante na sua procura, sendo que uma melhoria da qualidade das linhas de caminho de ferro, como o aumento da percentagem de rede electrificada é algo que também se revela benéfico. Verificou-se que o investimento em novas estradas e auto-estradas é contraproducente para o meio ferroviário, pelo que para fomentar este modo de transporte, deve-se incentivar um maior investimento nos caminhos-de-ferro em detrimento do rodoviário, como seria de esperar. Quanto à análise que foi feita aos meios de transporte marítimo e fluvial, concluiu-se que estes são complementares ao meio ferroviário, e não concorrentes, pelo que a aposta no fortalecimento destes meios parece vir também beneficiar o transporte por caminho de ferro. Verifica-se também que um aumento do preço do petróleo é algo que vai beneficiar também este modo de transporte, devido ao facto de tornar o meio concorrente rodoviário mais caro.

Há também outro grupo de variáveis que servem mais como indicadores, visto avaliarem factores que não podem ser alterados por medidas políticas, ou cuja alteração é lenta e dependente de muitos factores (como a riqueza e o nível de industrialização de cada país). Verifica-se que um alto nível de industrialização é algo benéfico para a procura de transporte ferroviário de mercadorias, ao contrário do que acontece com o nível de riqueza (PIB per capita), cujo aumento parece ser prejudicial para este meio de transporte, favorecendo o transporte rodoviário. Quanto aos factores relativos à geografia e demografia, verifica-se que uma grande densidade populacional parece ser prejudicial, sendo que países com baixas densidades populacionais são mais propícios para este meio de transporte de mercadorias. Quanto à existência de grandes cidades na região onde se encontra cada país é algo que se revela favorável, sendo que quanto maiores os núcleos urbanos na região, mais benéfico será para este modo de transporte.

BIBLIOGRAFIA

- Abdelwahab, Walid; Sargious, Michael - *Modelling the demand for freight transport*. Journal of Transport Economics and Policy: 1992.
- Blundell, Richard; Bond, Steve - *GMM Estimation with Persistent Panel Data: An Application to Production Functions*. In: Eighth International Conference on Panel Data, Göteborg University, 1998, June 11-12.
- Caron, François - *Histoire des Chemins de Fer en France 1740-1883*. 1997.
- CER - *Competition in Europe's rail freight market*. 2006.
- Couto, António; Graham, Daniel J. - *The impact of high-speed technology on railway demand*. Springer, 2007.
- Doumayrou, Vicent - *La fracture ferroviaire - Pourquoi le TGV ne sauvera pas le chemin de fer*.
- European Conference of Ministers of Transport - *Trends in the European Transport Sector 1970-2003* 2005.
- EUROSTAT - *Panorama of Transport, 1990-2005*. 2007.
- Fitzroy, Felix; Smith, Ian - The demand for rail transport in European countries *Transport Policy*. 2:3 (1995). p. 153-158.
- Fitzroy, Felix; Smith, Ian - Passenger rail demand in 14 western European countries: A comparative time series study. *International Journal of Transport Economics*. XXV:3 (1998). p. 299-312.
- Goodwin, P. B. - A review of the new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes. *Journal of Transport Economics and Policy*. May 1992:(1992). p. 155-169.
- Greene, William H. - *Econometric Analysis*. Fourth Edition. Prentice-Hall International, 2000.
- Guimarães, Rui Campos; Cabral, José A. Sarsfield - *Estatística*. Edição Revista. McGraw-Hill, 1997.
- Hilmola, Olli-Pekka - European railway freight transportation and adaptation to demand decline – Efficiency and partial productivity analysis from period 1980-2003. *European railway freight transportation*. IJPPM:56,3 (2007). p. 205-225.
- Judge, George G., et al. - *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*. Second Edition. John Wiley & Sons, 1988.
- Lewis, Ira; Semeijn, Janjaap (Jake); Vellenga, David B. - Issues and Initiatives Surrounding Rail Freight Transportation in Europe. *Transportation Journal*. Winter/Spring (2002). p. 23-31.
- Nash, Chris - *The aggregate approach*. Avebury, 1991.
- Ohnell, Sofia; Woxenius, Johan - An industry analysis of express freight from a European railway perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 33:8 (2003). p. 735-751.

Oum, Tae Hoon; Waters II, W. G.; Yong, Jong-Say - Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates - An Interpretative Survey. *Journal of Transport Economics and Policy*. May 1992:(1992). p. 139-154.

Rao, P. Someshwar - Forecasting the demand for railway freight services *Journal of Transport Economics and Policy*. January 1978:(1978). p. 7-26.

Savy, Michel, et al. - *Les Chemins de Fer d'Europe Occidentale: Situation Comparée et Perspectives*. 1999.

Schmid, Felix - Special Issue on Freight: Part 2. *Journal of Rail and Rapid Transit*. (2001). p. i-vii.

Wiegmans, Bart W.; Donders, A. Rogier T. - Benchmarking European Rail Freight Transport Companies. *Transportation Journal*. Spring:(2007). p. 19-34.

Yang, Keun-Yul - *La Restructuration des Chemins de Fer en Europe Occidentale: Les Conséquences de la Libéralisation des Chemins de Fer Sur L'Entreprise Ferroviaire et les Rôles de L'Etat dans de Transport Ferroviaire*. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1997.

ANEXOS

A1 – Resultados das últimas regressões feitas com OLS, antes de se avançar para o método 2SLS

Variable	Coefficient	Standard Error	t-ratio	P[T >t]	Mean of X
Constant	10.6296647	2.29345841	4.635	.0000	
LPC_SU_R	-.05464272	.02694697	-2.028	.0439	3.90087846
TIME	-.00506941	.00792631	-.640	.5232	6.23348018
LPRIC_TK	-.44721710	.08384736	-5.334	.0000	1.69860529
LNET	.50132809	.11834296	4.236	.0000	8.55625004
LAGL	.58655865	.06253622	9.380	.0000	2.96093979
LPOP	-.46380435	.12452524	-3.725	.0003	16.2119155
LOIL_PRC	-.03453037	.12113213	-.285	.7759	-.22126780
LGDP_CAP	-.07465675	.15721721	-.475	.6354	9.59686779
LOREMEI	.07245338	.09691091	.748	.4556	.60680997
LFOODEI	.01929404	.08070619	.239	.8113	1.68462079
LFUELEI	-.39384538	.06398659	-6.155	.0000	1.22732172
LMANFEI	-.07044098	.12558134	-.561	.5755	3.75716363
LAGRMEI	.30894373	.05936636	5.204	.0000	.34422679
LURBAND	.36936253	.23880193	1.547	.1235	4.24412128
DLESTE	-.98844006	.25650018	-3.854	.0002	.27753304
D_ELECT	.49473410	.23850575	2.074	.0393	.95594714
DL_PELC	.43284608	.05545176	7.806	.0000	3.44207636
D_SE_POR	.32985464	.20929967	1.576	.1166	.73568282
DL_SE_PO	.00974696	.07016000	.139	.8897	1.76685879
D_RI_POR	.18805439	.08256928	2.278	.0238	.43612335
DL_RI_PO	.10351204	.06002833	1.724	.0862	.38512530
LFAC_AIR	-.33426867	.05351336	-6.246	.0000	2.72132742
LTRUCKS	.04360898	.10388621	.420	.6751	3.68943268
LKM_ES	.01074257	.09261540	.116	.9078	11.4630268
LKM_AE	-.21683180	.04835617	-4.484	.0000	6.62427220
LF_WAG	-.35923049	.09800476	-3.665	.0003	3.45234183
BC_WAG	-.09186917	.05030132	-1.826	.0693	-3.64504535
BHS_WAG	.08206515	.05100467	1.609	.1092	-3.59799889

A2 – Resultados da regressão entre a variável endógena e as variáveis instrumentais

Ordinary least squares regression			
LHS=LTRKM_KM	Mean	=	1.282873
	Standard deviation	=	.5287559
WTS=none	Number of observs.	=	227
Model size	Parameters	=	31
	Degrees of freedom	=	196
Residuals	Sum of squares	=	1.618158
	Standard error of e	=	.9086203E-01
Fit	R-squared	=	.9743904
	Adjusted R-squared	=	.9704706
Model test	F[30, 196] (prob)	=	248.58 (.0000)
Diagnostic	Log likelihood	=	239.0065
	Restricted(b=0)	=	-176.9471
	Chi-sq [30] (prob)	=	831.91 (.0000)
Info criter.	LogAmemiya Prd. Crt.	=	-4.668817
	Akaike Info. Criter.	=	-4.670534
Autocorrel	Durbin-Watson Stat.	=	1.1290851
	Rho = cor[e,e(-1)]	=	.4354575

Variable	Coefficient	Standard Error	t-ratio	P[T >t]	Mean of X
TIME	-.01373326	.00323934	-4.240	.0000	6.23348018
LPRIC_TK	-.10288641	.03331579	-3.088	.0023	1.69860529
LNET	-.14919891	.03184020	-4.686	.0000	8.55625004
LAGL	.10810548	.02891823	3.738	.0002	2.96093979
LOIL_PRC	-.07175247	.05368868	-1.336	.1830	-.22126780
LGDP_CAP	.43344245	.07353626	5.894	.0000	9.59686779
LOREMEI	-.05380745	.04249282	-1.266	.2069	.60680997
LFODEI	-.14987304	.03256529	-4.602	.0000	1.68462079
LFUELEI	.01142214	.03916933	.292	.7709	1.22732172
LMANFEI	-.04386534	.06144923	-.714	.4762	3.75716363
LAGRMEI	.17799657	.02796010	6.366	.0000	.34422679
LURBAND	.10783473	.11428745	.944	.3466	4.24412128
D_ELECT	.36904334	.10919957	3.380	.0009	.95594714
DL_PELEC	.16644629	.03109176	5.353	.0000	3.44207636
D_SE_POR	.38477969	.06800624	5.658	.0000	.73568282
DL_SE_PO	-.19577115	.02110734	-9.275	.0000	1.76685879
D_RI_POR	.08149289	.03683245	2.213	.0281	.43612335
DL_RI_PO	-.03429651	.02389781	-1.435	.1528	.38512530
LFAC_AIR	-.05864669	.01865377	-3.144	.0019	2.72132742
LKM_ES	.27554323	.03804306	7.243	.0000	11.4630268
LKM_AE	-.03363357	.02194227	-1.533	.1269	6.62427220
LF_WAG	-.10580966	.04154870	-2.547	.0116	3.45234183
BC_WAG	-.00155142	.00082895	-1.872	.0628	-3.64504535
LSNOW	.05284538	.01144121	4.619	.0000	3.63432521
LKQEQP	-.06080512	.02346140	-2.592	.0103	14.8127767
LKQP_O	-.04740865	.02083673	-2.275	.0240	15.7371128
LPDT	.04043027	.03009406	1.343	.1807	3.20638545
Constant	-7.56246244	.81934113	-9.230	.0000	
LDENSI	.41524072	.04075416	10.189	.0000	4.59869645
LCO2E	-.17980692	.03676174	-4.891	.0000	2.07820808
LPC_FRGT	.71218759	.03517040	20.250	.0000	3.21692790

A3 – Matriz de correlações entre todas as variáveis usadas

Correlation Matrix for Listed Variables

	LPC_SU_R	TIME	LPRIC_TK	LNET	LAGL	LOIL_PRC	LGDP_CAP	
LOREMEI								
LPC_SU_R	1.00000	-.24922	-.11022	-.22203	.17739	-.52169	.59959	-
.00023								
TIME	-.24922	1.00000	.08086	.09070	-.00019	.40244	-.27301	
.10448								
LPRIC_TK	-.11022	.08086	1.00000	-.23653	.10636	.11013	-.01450	
.12099								
LNET	-.22203	.09070	-.23653	1.00000	.05653	.12613	-.17204	-
.38952								
LAGL	.17739	-.00019	.10636	.05653	1.00000	-.10697	.14773	
.20796								
LOIL_PRC	-.52169	.40244	.11013	.12613	-.10697	1.00000	-.74747	
.24533								
LGDP_CAP	.59959	-.27301	-.01450	-.17204	.14773	-.74747	1.00000	-
.11506								
LOREMEI	-.00023	.10448	.12099	-.38952	.20796	.24533	-.11506	
1.00000								

	LPC_SU_R	TIME	LPRIC_TK	LNET	LAGL	LOIL_PRC	LGDP_CAP	
LOREMEI								
LFOODEI	-.01852	-.01470	.32057	-.55838	.04925	.15790	-.06716	
.39057								
LFUELEI	-.26136	.13367	.14243	-.29990	.04746	.45467	-.46392	
.74188								
LMANFEI	.05190	.14041	.19562	-.52507	.03495	.10586	.24555	
.66367								
LAGRMEI	-.15502	.04962	-.12570	-.48044	-.15051	.21951	-.11981	
.51777								
LURBAND	.30794	-.21514	-.29276	.07114	.40901	-.46834	.46399	
.08804								
DLESTE	-.61555	.35557	.25995	-.01522	.00550	.70896	-.70846	
.43886								
D_ELECT	-.07834	.03528	-.22363	.14286	.00017	.07959	.05036	
.17021								
DL_PELEC	.14603	.04882	-.32729	.18509	.44418	-.11231	.24949	
.35846								

	LFOODEI	LFUELEI	LMANFEI	LAGRMEI	LURBAND	DLESTE	D_ELECT	
DL_PELEC								
LFOODEI	1.00000	.51569	.55013	.39177	.15277	.19570	-.04244	-
.25552								
LFUELEI	.51569	1.00000	.33322	.51576	-.02007	.57751	.07864	
.11856								
LMANFEI	.55013	.33322	1.00000	.60749	.07564	.23745	.32095	
.19246								
LAGRMEI	.39177	.51576	.60749	1.00000	-.06807	.36254	.20563	
.06404								
LURBAND	.15277	-.02007	.07564	-.06807	1.00000	-.41359	.19797	
.40777								
DLESTE	.19570	.57751	.23745	.36254	-.41359	1.00000	.13305	
.05887								

D_ELECT	-.04244	.07864	.32095	.20563	.19797	.13305	1.00000	
.65775								
DL_PELEC	-.25552	.11856	.19246	.06404	.40777	.05887	.65775	
1.00000								
	LPC_SU_R	TIME	LPRIC_TK	LNET	LAGL	LOIL_PRC	LGDP_CAP	
LOREMEI								
D_SE_POR	-.12058	.02017	-.37536	.36466	-.30808	-.11142	-.17311	-
.39330								
DL_SE_PO	.15750	-.28005	-.49937	.49049	-.04863	-.26301	.11002	-
.42926								
D_RI_POR	.11119	-.12365	.25877	.17311	.19965	-.09382	.27715	-
.00749								
DL_RI_PO	.12357	-.11631	.05255	.34868	.35916	-.30920	.34956	-
.04916								
LFAC_AIR	.49680	-.34259	-.11421	.14085	.31790	-.64795	.66583	-
.35347								
LKM_ES	.05040	-.02510	-.17500	.87771	.08813	-.11409	.12648	-
.53211								
LTRUCKS	.20605	-.22126	-.15376	-.12999	-.10238	-.34161	.44874	-
.33728								
LF_WAG	.44599	.04460	-.12878	.05284	-.04541	-.52830	.63829	-
.07708								
	LFOODEI	LFUELEI	LMANFEI	LAGRMEI	LURBAND	DLESTE	D_ELECT	
DL_PELEC								
D_SE_POR	.02280	-.03158	-.47402	-.19709	.20186	-.29779	-.12867	-
.28502								
DL_SE_PO	-.13056	-.25030	-.50473	-.34348	.44855	-.54314	-.12285	-
.09013								
D_RI_POR	-.02412	-.31598	.24766	-.30094	.00160	-.06895	.18879	
.11373								
DL_RI_PO	-.03750	-.26264	.07884	-.28195	.42225	-.32956	.11415	
.10366								
LFAC_AIR	-.04924	-.52515	-.13596	-.41009	.58635	-.85274	-.05197	
.02924								
LKM_ES	-.39134	-.48889	-.49032	-.62389	.20945	-.33981	-.02039	
.04984								
LTRUCKS	.14845	-.28522	-.07101	-.10082	.11201	-.43598	-.29700	-
.16570								
LF_WAG	-.05627	-.18825	.08314	-.15040	.45425	-.61882	.36037	
.34502								
	D_SE_POR	DL_SE_PO	D_RI_POR	DL_RI_PO	LFAC_AIR	LKM_ES	LTRUCKS	
LF_WAG								
D_SE_POR	1.00000	.80205	-.35924	.12751	.23760	.42559	.26584	
.19493								
DL_SE_PO	.80205	1.00000	-.13782	.27062	.54286	.63218	.26490	
.25185								
D_RI_POR	-.35924	-.13782	1.00000	.60461	.27475	.30791	-.02952	
.10282								
DL_RI_PO	.12751	.27062	.60461	1.00000	.57840	.46508	.02535	
.30771								
LFAC_AIR	.23760	.54286	.27475	.57840	1.00000	.45590	.38769	
.55636								
LKM_ES	.42559	.63218	.30791	.46508	.45590	1.00000	.15747	
.21365								
LTRUCKS	.26584	.26490	-.02952	.02535	.38769	.15747	1.00000	
.17859								

LF_WAG	.19493	.25185	.10282	.30771	.55636	.21365	.17859	
1.00000								
	LPC_SU_R	TIME	LPRIC_TK	LNET	LAGL	LOIL_PRC	LGDP_CAP	
LOREMEI								
BC_WAG	.14208	-.30676	-.40875	.09316	.51125	-.09096	.08221	
.09449								
BHS_WAG	.12673	-.29979	-.39931	.09813	.52422	-.06896	.06226	
.10569								
LSURVEY	.24678	.05978	-.06971	.13924	.13618	.04545	-.03776	-
.02398								
LSNOW	-.04155	.05744	.00360	.02991	.01872	-.16868	.04281	
.32814								
LKQEQP	-.06044	.23034	-.11095	.80346	.26670	.16071	-.18262	-
.37022								
LKQP_O	-.00718	.19617	-.14468	.79054	.37167	.11857	-.09897	-
.31096								
LPDT	.16893	.02861	.25555	.01764	.55175	-.28678	.47224	
.10827								
DSEP	-.03797	.07076	-.46832	.13755	-.25016	-.11358	.19585	-
.08495								
	LFOODEI	LFUELEI	LMANFEI	LAGRMEI	LURBAND	DLESTE	D_ELECT	
DL_PELEC								
BC_WAG	-.27176	-.01202	-.19561	.02771	.30331	-.03968	-.06425	
.42632								
BHS_WAG	-.26224	-.00134	-.18911	.02555	.30268	-.01852	-.05572	
.42948								
LSURVEY	-.55579	-.24066	-.26670	-.42249	-.28954	-.12029	-.10681	
.17218								
LSNOW	-.22277	.06831	.13451	.11721	.20130	.23848	.18057	
.28846								
LKQEQP	-.38874	-.30549	-.41463	-.41792	.04896	.00121	.18253	
.23848								
LKQP_O	-.46737	-.35388	-.38522	-.39573	-.02487	.00898	.03548	
.27575								
LPDT	.26592	-.14036	.36730	-.12081	.39325	-.08251	.19138	
.39975								
DSEP	-.23948	-.11390	.01367	.15988	.17563	-.20811	.07208	
.15026								
	D_SE_POR	DL_SE_PO	D_RI_POR	DL_RI_PO	LFAC_AIR	LKM_ES	LTRUCKS	
LF_WAG								
BC_WAG	-.15952	.14007	-.12434	-.03117	.08739	.02394	.17590	-
.30093								
BHS_WAG	-.16544	.13521	-.11566	-.02586	.08162	.02261	.16270	-
.31619								
LSURVEY	-.34316	-.17873	.14993	-.06975	-.04887	.11275	-.21315	-
.06463								
LSNOW	-.27472	-.23568	.05747	.03159	-.28204	-.16214	-.51691	-
.00714								
LKQEQP	.19095	.32493	.12367	.21918	.15609	.75626	-.21159	
.04105								
LKQP_O	.07909	.26879	.23076	.25591	.14028	.75468	-.11761	-
.03381								
LPDT	-.17854	-.04814	.41709	.45287	.36789	.20798	.20736	
.29812								
DSEP	.20126	.25073	-.17754	-.04701	.09396	.09111	.18348	
.28282								

	BC_WAG	BHS_WAG	LSURVEY	LSNOW	LKQEQP	LKQP_O	LPDT	
DSEP								
BC_WAG	1.00000	.99914	.17648	.04827	.05489	.21913	-.01361	
.08961								
BHS_WAG	.99914	1.00000	.17294	.04596	.06438	.22405	-.00591	
.07559								
LSURVEY	.17648	.17294	1.00000	-.01435	.18991	.27793	-.21381	-
.08043								
LSNOW	.04827	.04596	-.01435	1.00000	-.09516	-.07074	.00034	
.01789								
LKQEQP	.05489	.06438	.18991	-.09516	1.00000	.90587	.18506	-
.06174								
LKQP_O	.21913	.22405	.27793	-.07074	.90587	1.00000	.24440	-
.01644								
LPDT	-.01361	-.00591	-.21381	.00034	.18506	.24440	1.00000	-
.11207								
DSEP	.08961	.07559	-.08043	.01789	-.06174	-.01644	-.11207	
1.00000								
	LPC_SU_R	TIME	LPRIC_TK	LNET	LAGL	LOIL_PRC	LGDP_CAP	
LOREMEI								
ONE	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
.00000								
LDENSI	.15517	.00777	.27380	.05487	.76000	-.01483	.19791	
.04563								
LTRKM_KM	.07911	-.02493	-.05768	.08145	.42589	-.16992	.30932	
.28923								
LHAUL	-.21436	.05141	-.46633	.71223	-.26846	.26123	-.39778	-
.46739								
DLESTE	-.61555	.35557	.25995	-.01522	.00550	.70896	-.70846	
.43886								
LPC_FRGT	-.24808	.09322	-.20528	.19452	-.31384	.24268	-.37549	
.18359								
LFLOAD	-.36754	.25787	-.37616	-.00654	.18018	.31507	-.44522	
.41321								
	LFOODEI	LFUELEI	LMANFEI	LAGRMEI	LURBAND	DLESTE	D_ELECT	
DL_PELEC								
ONE	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
.00000								
LDENSI	.28971	-.05627	.16498	-.19508	.32206	-.06184	.05708	
.26296								
LTRKM_KM	-.16895	-.09679	.39648	.08934	.21227	.10976	.64387	
.75447								
LHAUL	-.46078	-.29790	-.52523	-.24255	-.23949	.00559	.08434	-
.06923								
DLESTE	.19570	.57751	.23745	.36254	-.41359	1.00000	.13305	
.05887								
LPC_FRGT	-.33011	.06471	.05506	.17049	-.32887	.38457	.39583	
.14298								
LFLOAD	-.03991	.43551	.09245	.44402	.10802	.53712	.25320	
.38863								
	D_SE_POR	DL_SE_PO	D_RI_POR	DL_RI_PO	LFAC_AIR	LKM_ES	LTRUCKS	
LF_WAG								
ONE	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
.00000								

LDENSI	-.17266	.04680	.26308	.35053	.37422	.21813	-.01196	
.02866								
LTRKM_KM	-.49307	-.33315	.43885	.32377	.02710	.00836	-.24982	
.19566								
LHAUL	.42641	.45267	-.01096	-.06374	-.10312	.60506	-.10498	-
.13658								
DLESTE	-.29779	-.54314	-.06895	-.32956	-.85274	-.33981	-.43598	-
.61882								
LPC_FRGT	-.12780	-.24726	.10060	-.01674	-.43974	-.10288	-.46344	-
.15238								
LFLOAD	-.03819	-.16210	-.34079	-.16818	-.45677	-.34348	-.29692	-
.27465								
	BC_WAG	BHS_WAG	LSURVEY	LSNOW	LKQEQP	LKQP_O	LPDT	
DSEP								
ONE	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
.00000								
LDENSI	.14355	.15952	-.08515	-.25139	.39697	.38781	.74528	-
.33696								
LTRKM_KM	.17288	.17657	.19473	.37014	.17371	.23580	.54682	-
.06882								
LHAUL	.04221	.03775	.24330	-.10403	.56875	.58820	-.36026	
.21741								
DLESTE	-.03968	-.01852	-.12029	.23848	.00121	.00898	-.08251	-
.20811								
LPC_FRGT	-.12103	-.11663	.31115	.37400	.02782	.01953	-.37670	
.02561								
LFLOAD	.33736	.35121	-.10718	.37654	-.02292	-.03753	-.14265	
.14299								
	ONE	LDENSI	LTRKM_KM	LHAUL	DLESTE	LPC_FRGT	LFLOAD	
ONE	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
LDENSI	.00000	1.00000	.33596	-.26996	-.06184	-.53990	-.15136	
LTRKM_KM	.00000	.33596	1.00000	-.12088	.10976	.35527	.19493	
LHAUL	.00000	-.26996	-.12088	1.00000	.00559	.36163	-.01253	
DLESTE	.00000	-.06184	.10976	.00559	1.00000	.38457	.53712	
LPC_FRGT	.00000	-.53990	.35527	.36163	.38457	1.00000	.38749	
LFLOAD	.00000	-.15136	.19493	-.01253	.53712	.38749	1.00000	

A4 – Resultados da regressão 2SLS, sem correcção de Heterocedasticidade

```

+-----+
| Two stage least squares regression
| LHS=LTKM_KM Mean = 7.233644
| Standard deviation = .7495606
| WTS=none Number of observs. = 227
| Model size Parameters = 26
| Degrees of freedom = 201
| Residuals Sum of squares = 5.138326
| Standard error of e = .1598869
| Fit R-squared = .9542986
| Adjusted R-squared = .9486143
| Model test F[ 25, 201] (prob) = 167.88 (.0000)
| Diagnostic Log likelihood = 107.8642
| Restricted(b=0) = -256.1611
| Chi-sq [ 25] (prob) = 728.05 (.0000)
| Info criter. LogAmemiya Prd. Crt. = -3.558138
| Akaike Info. Criter. = -3.559148
| Autocorrel Durbin-Watson Stat. = 1.1760835
| Rho = cor[e,e(-1)] = .4119582
| Not using OLS or no constant. Rsqd & F may be < 0.
+-----+

```

```

+-----+
| Instrumental Variables:
| TIME LPRIC_TK LNET LAGL LOIL_PRC LGDP_CAP LOREMEI LFOODEI
| LFUELEI LMANFEI LAGRMEI LURBAND D_ELECT DL_PELEC D_SE_POR DL_SE_PO
| D_RI_POR DL_RI_PO LFAC_AIR LKM_ES LKM_AE LF_WAG BC_WAG LSNOW
| LKQP_O LPDT ONE LDENSI LCO2E LPC_FRGT
+-----+

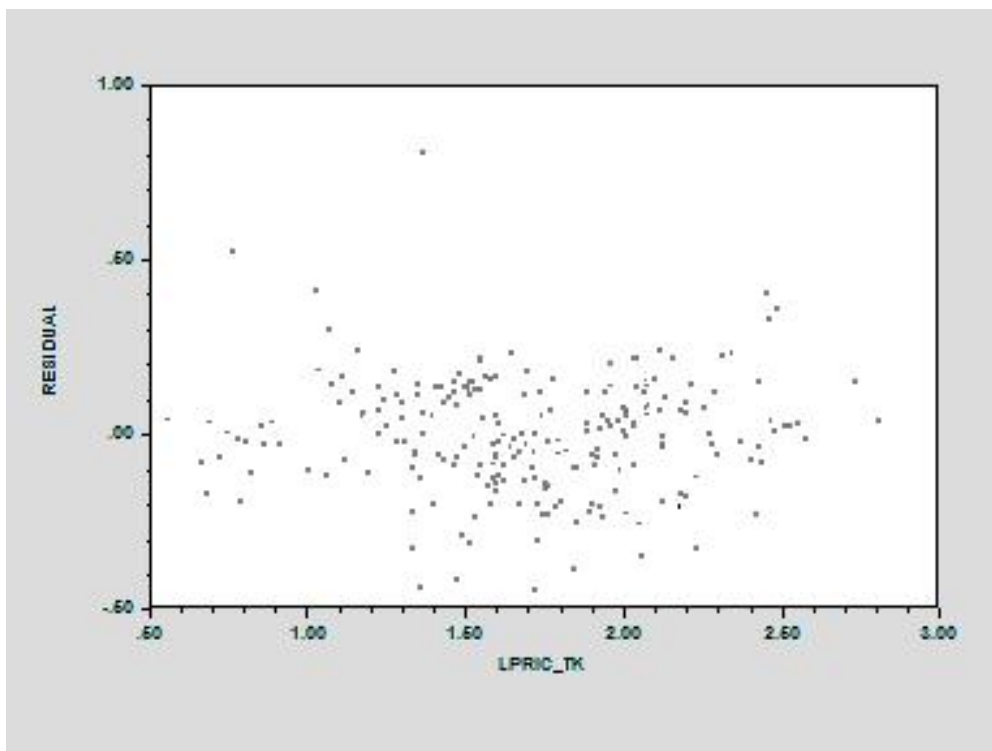
```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
TIME	.01262407	.00526616	2.397	.0165	6.23348018
LPRIC_TK	-.28994261	.05873680	-4.936	.0000	1.69860529
LNETH	.23669276	.05424450	4.363	.0000	8.55625004
LAGL	.18793375	.04630656	4.058	.0000	2.96093979
LOIL_PRC	.21488982	.08093647	2.655	.0079	-.22126780
LGDP_CAP	-.32148216	.11562347	-2.780	.0054	9.59686779
LOREMEI	-.12749039	.06181782	-2.062	.0392	.60680997
LFOODEI	.17636884	.05333713	3.307	.0009	1.68462079
LFUELEI	-.22867839	.05314694	-4.303	.0000	1.22732172
LMANFEI	-.03465749	.09627510	-.360	.7189	3.75716363
LAGRMEI	.16301236	.04153548	3.925	.0001	.34422679
D_ELECT	-.68186381	.16111828	-4.232	.0000	.95594714
DL_PELEC	.29512750	.04682051	6.303	.0000	3.44207636
D_SE_POR	.01115856	.09385292	.119	.9054	.73568282
DL_SE_PO	.08949347	.03213153	2.785	.0053	1.76685879
D_RI_POR	.02509695	.05327926	.471	.6376	.43612335
DL_RI_PO	.11326944	.03812483	2.971	.0030	.38512530
LFAC_AIR	-.02631073	.02530147	-1.040	.2984	2.72132742
LKM_ES	-.23872702	.05370572	-4.445	.0000	11.4630268
LKM_AE	-.15465803	.03109887	-4.973	.0000	6.62427220
LF_WAG	.00919345	.07006824	.131	.8956	3.45234183
BC_WAG	.140177D-04	.00144040	.010	.9922	-3.64504535
LTRKM_KM	1.01815627	.08708736	11.691	.0000	1.28287312
Constant	10.5055625	.83535217	12.576	.0000	
LDENSI	-.17645455	.04238669	-4.163	.0000	4.59869645
LCO2E	.26432323	.05629016	4.696	.0000	2.07820808

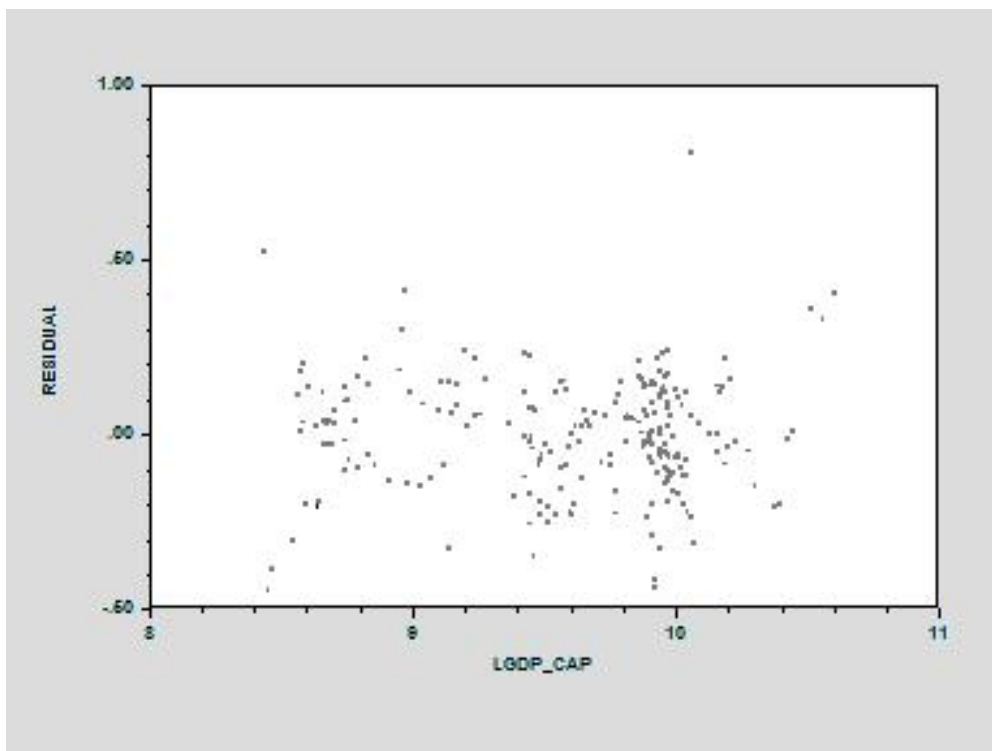
A5 – Resultados da regressão entre os erros ao quadrado e as variáveis independentes ao quadrado, para aplicação no método de White modificado

Ordinary least squares regression	
LHS=RESI2_FI Mean	= .2556381E-01
Standard deviation	= .5554729E-01
WTS=none Number of observs.	= 227
Model size Parameters	= 27
Degrees of freedom	= 200
Residuals Sum of squares	= .4374734
Standard error of e	= .4676930E-01
Fit R-squared	= .3726390
Adjusted R-squared	= .2910820
Model test F[26, 200] (prob)	= 4.57 (.0000)
Diagnostic Log likelihood	= 387.4677
Restricted(b=0)	= 334.5502
Chi-sq [26] (prob)	= 105.83 (.0000)
Info criter. LogAmemiya Prd. Crt.	= -6.012672
Akaike Info. Criter.	= -6.013804
Autocorrel Durbin-Watson Stat.	= 1.7916937
Rho = cor[e,e(-1)]	= .1041532

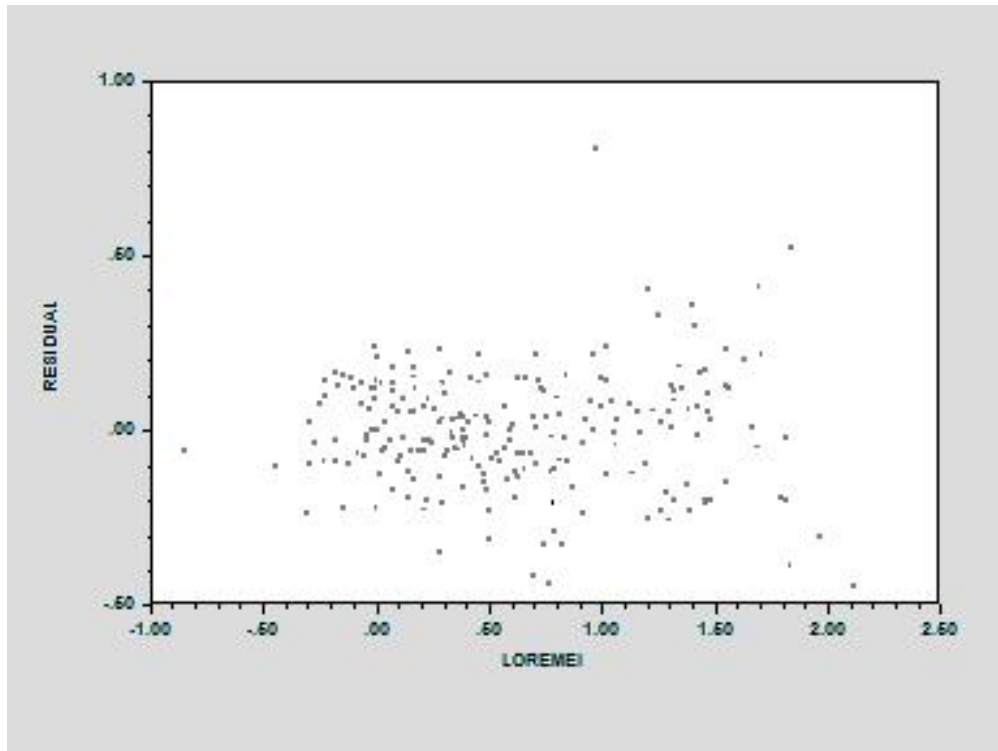
Variable	Coefficient	Standard Error	t-ratio	P[T >t]	Mean of X
TIME_2	.253345D-04	.523207D-04	.484	.6288	58.7709251
LPRIC_2	-.01046536	.00467090	-2.241	.0262	3.08292705
LNET_2	.866552D-05	.00092872	.009	.9926	74.4931875
LAGL_2	.00812275	.00246818	3.291	.0012	9.83444014
LOILPR_2	.04152191	.02763403	1.503	.1345	.16706468
LGDP_2	.00410525	.00161804	2.537	.0119	92.3625059
LOREME_2	.03495050	.01059516	3.299	.0011	.69976847
LFOODE_2	.00160720	.00454686	.353	.7241	3.21317995
LFUELE_2	-.00867081	.00406592	-2.133	.0342	1.96806469
LMANFE_2	-.00705218	.00306498	-2.301	.0224	14.3399704
LAGRME_2	.03672370	.00971068	3.782	.0002	.40721617
D_ELEC_2	.05421655	.03361067	1.613	.1083	.95594714
DL_PEL_2	.00595029	.00186740	3.186	.0017	13.1098878
D_SE_P_2	.00027062	.02567599	.011	.9916	.73568282
DL_SE_2	.00026075	.00219616	.119	.9056	4.86533004
D_RIP_2	.00086094	.01763482	.049	.9611	.43612335
DL_RI_2	.00471996	.00669409	.705	.4816	.67292149
LFAC_A_2	-.00243610	.00154359	-1.578	.1161	10.0295948
LKM_ES_2	-.314597D-04	.00065178	-.048	.9616	132.940985
LKM_AE_2	-.00051812	.00059232	-.875	.3828	46.0856342
LF_WAG_2	-.01091027	.00280773	-3.886	.0001	12.3366432
BC_WAG_2	.189111D-04	.389242D-05	4.858	.0000	670.496328
LTRKM_2	-.03629345	.01110360	-3.269	.0013	1.92411462
LPC_FR_2	-.00746631	.00437088	-1.708	.0892	10.5489464
Constant	-.07137376	.14597406	-.489	.6254	
LDENSI_2	-.00156618	.00196500	-.797	.4264	21.7604399
LCO2E_2	-.00960852	.00353516	-2.718	.0071	4.48321692



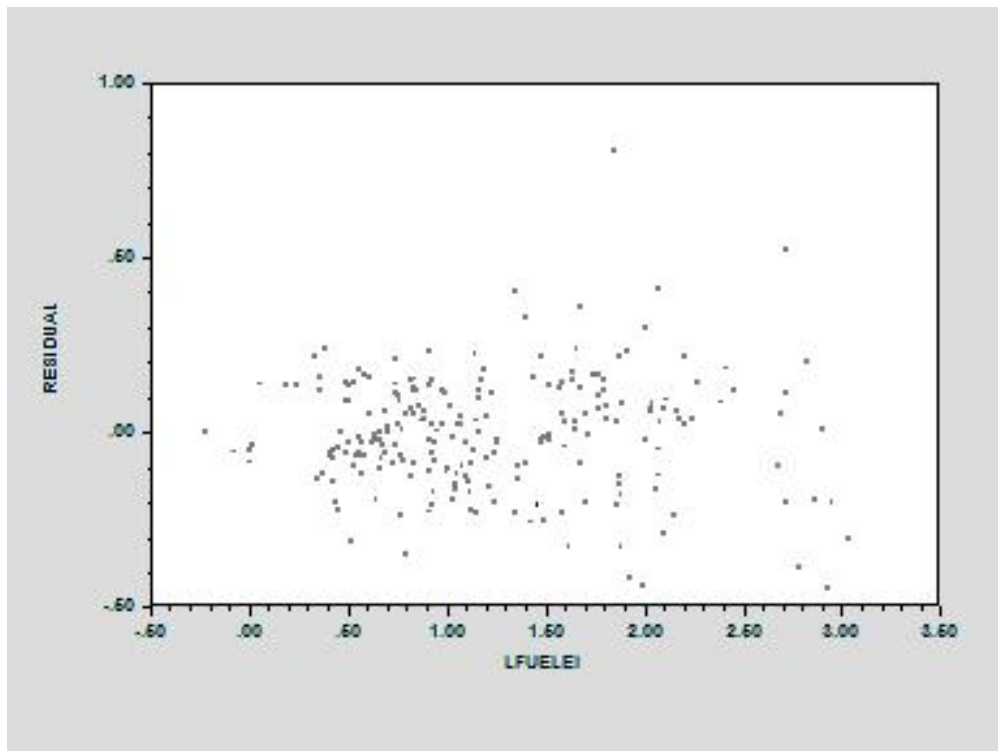
A6 – Gráfico do erro em função da variável LPRIC_TK



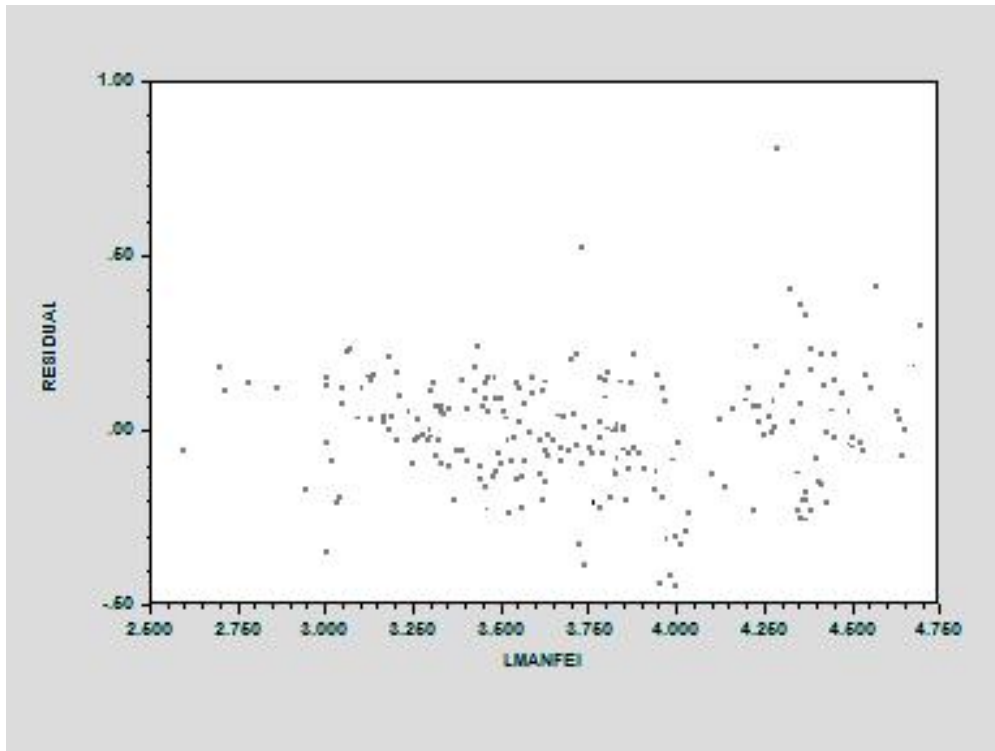
A7 – Gráfico do erro em função da variável LGDP_CAP



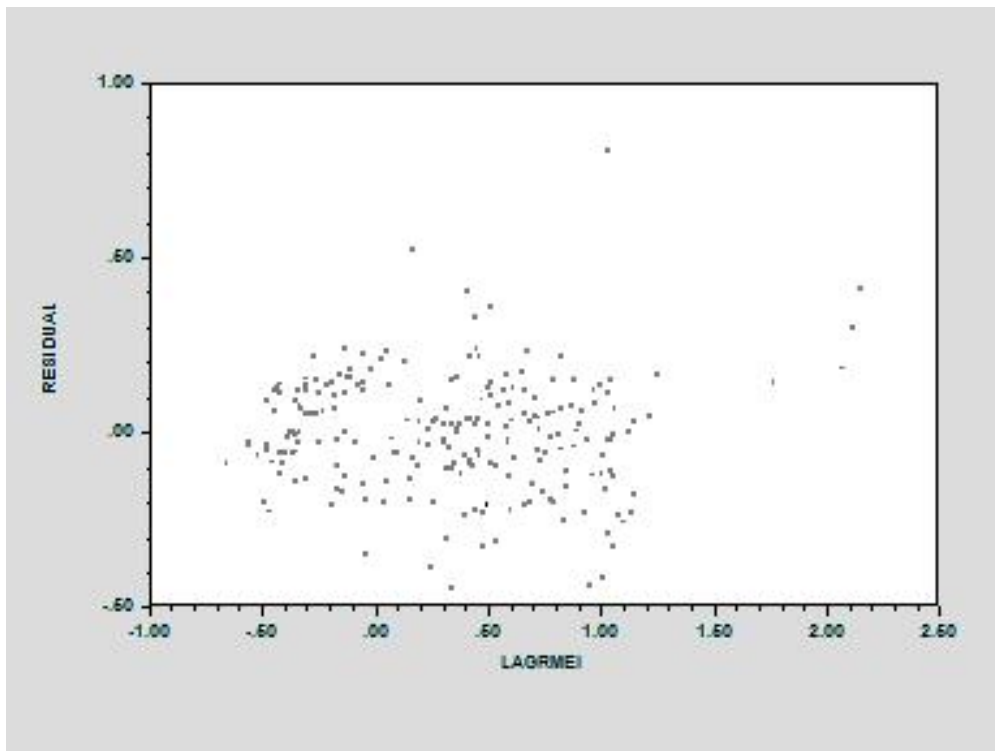
A8 – Gráfico do erro em função da variável LOREMEI



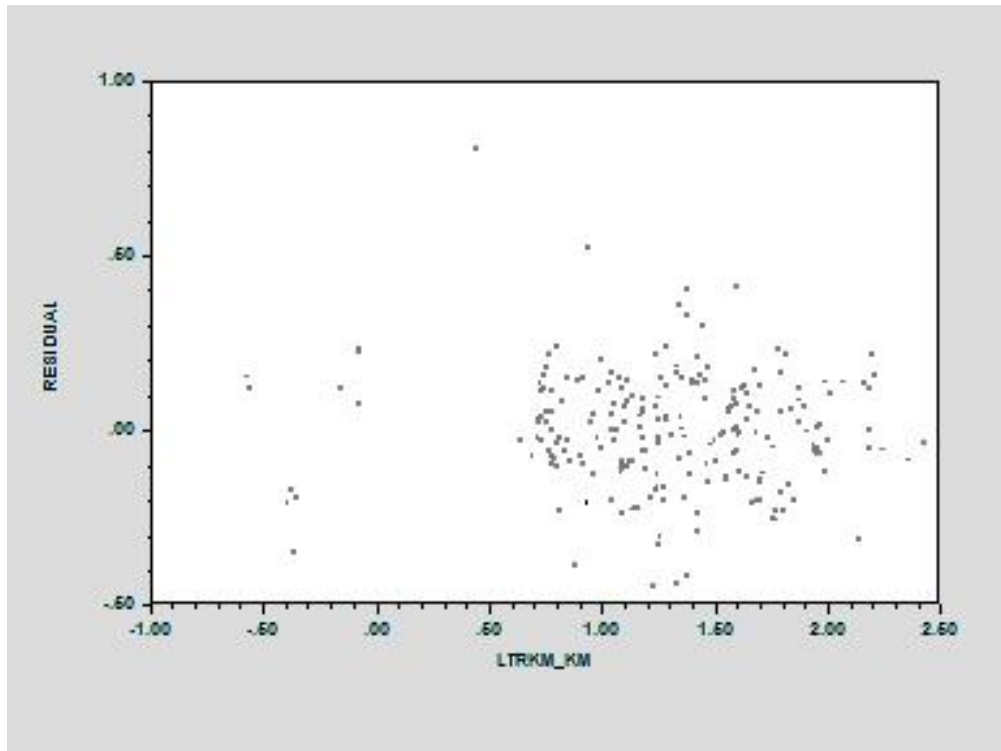
A9 – Gráfico do erro em função da variável LFUELEI



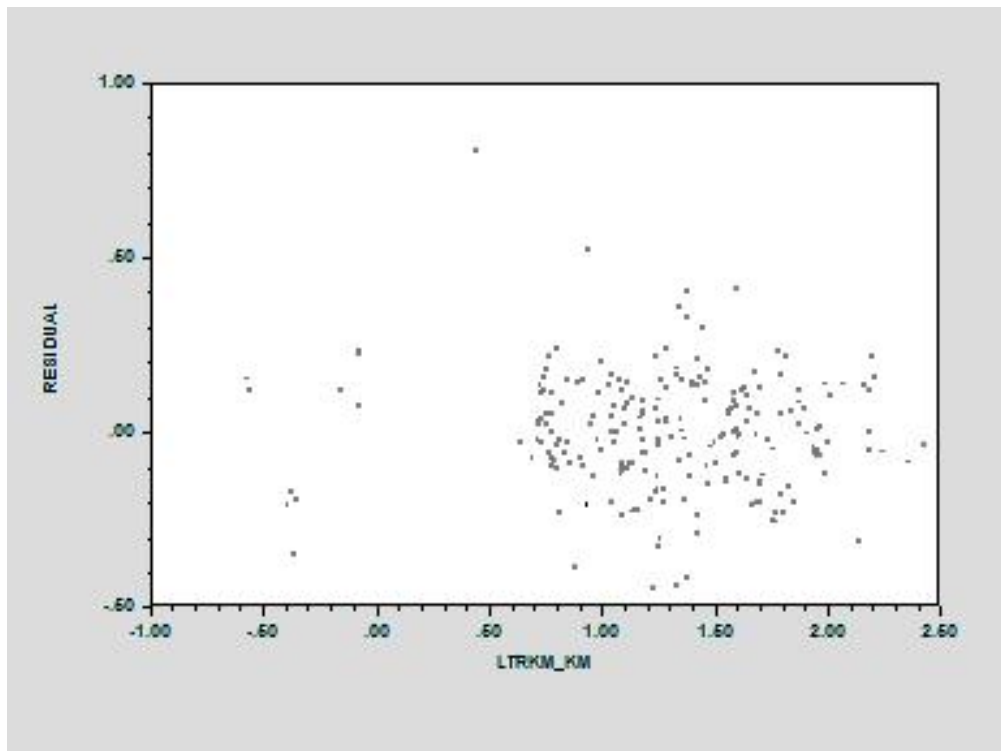
A10 – Gráfico do erro em função da variável LMANFEI



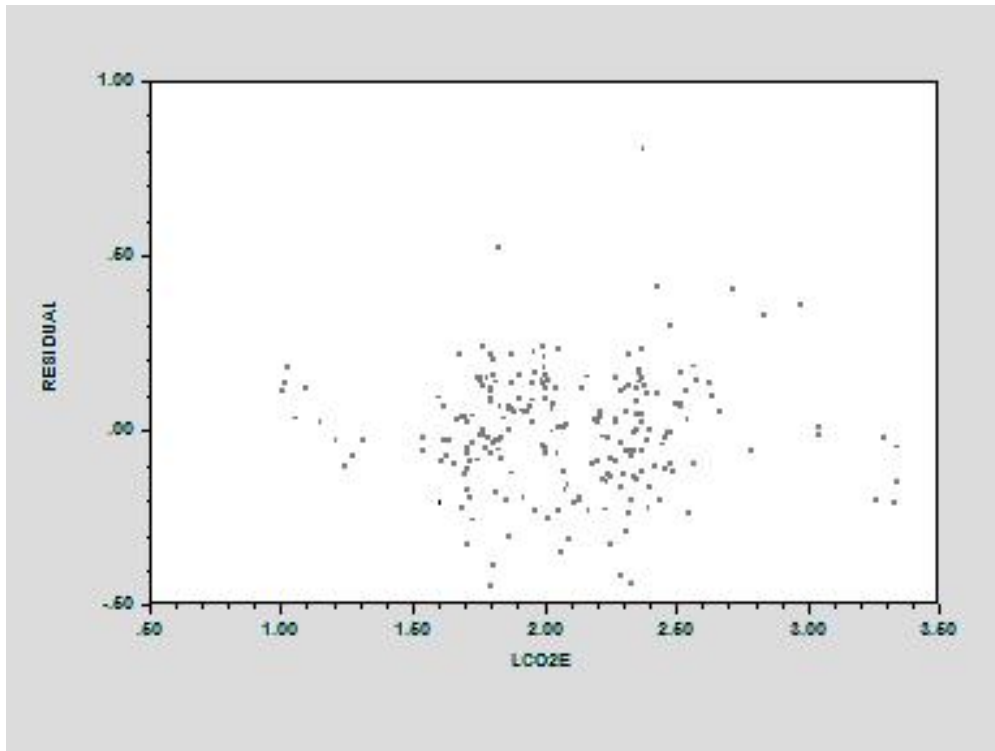
A11 – Gráfico do erro em função da variável LAGRMEI



A12 – Gráfico do erro em função da variável LTRKM_KM



A13 – Gráfico do erro em função da variável LTRKM_KM



A14 – Gráfico do erro em função da variável LCO2E

