



Rodrigo Anjos Esteves

# GESTÃO DE APROVISIONAMENTO: O CASO DO SECTOR DA PASTA DE PAPEL

SUPPLY MANAGEMENT: THE CASE OF THE PAPER PULP SECTOR

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil na área de Especialização em Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação,  
orientada pelo Professor Doutor António Pais Antunes.

Coimbra, 12 de junho de 2018



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



**FCTUC** DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Rodrigo Anjos Esteves

# **GESTÃO DE APROVISIONAMENTO: O CASO DO SECTOR DA PASTA DE PAPEL**

## **SUPPLY MANAGEMENT: THE CASE OF THE PAPER PULP SECTOR**

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil na área de Especialização em Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação,  
orientada pelo Professor Doutor António Pais Antunes.

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor.  
O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer  
responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões  
que possa conter.

Coimbra, 12 de junho de 2018

## **AGRADECIMENTOS**

## RESUMO

Logística e Transporte, são nos dias de hoje duas áreas que dependem cada vez mais uma da outra face à globalização dos mercados. Esta globalização, tanto no lado da oferta como no da procura, leva naturalmente a exigências cada vez maiores em ambas as áreas. Como se sabe, ao longo dos tempos, o transporte de mercadorias e passageiros tem vindo a procurar facilitar a vida das populações e gerar maior conforto à sociedade considerando-se o transporte e a logística como instrumentos fundamentais a fim de se obter um patamar de qualidade consistente e uma garantia de bens e serviços sustentáveis.

O transporte de mercadorias é feito de modo a disponibilizar os diferentes produtos nos locais onde existe procura. Para que tal funcione de maneira adequada, é necessário que uma empresa tenha objetivos logísticos atendendo à satisfação dos consumidores de forma rápida e eficiente, de modo a que os produtos em questão estejam no local adequado, na quantidade certa e no tempo previsto. É precisamente esta área dos transportes que representa a maior parcela dos custos logísticos na maioria das empresas.

No estudo de caso específico considerado nesta dissertação, aborda-se o sector da pasta de papel na vertente direcionada à produção e distribuição da madeira de eucalipto em todo o território nacional, com vista ao aprovisionamento de quatro fábricas de celulose da Navigator em quatro municípios de Portugal (Setúbal, Aveiro, Figueira da Foz e Vila Velha de Ródão) através de dois modos de transporte diferentes, transporte rodoviário e ferroviário.

Assim, através de utilização sistemas de informação geográfica, bem como de softwares de otimização, pretende-se respetivamente, efetuar um estudo estatístico do panorama florestal em Portugal e utilizar um modelo matemático de programação linear que permita efetuar o aprovisionamento de madeira de eucalipto, usando rotas com determinados custos associados, para obter o objetivo final: o custo mínimo de aprovisionamento. Desta maneira, poderá analisar-se os custos em vários cenários, assim como as vantagens e desvantagens de uma rede intermodal, tendo como cenário final uma solução futura de aprovisionamento através da criação de novas estações intermodais para assim conseguir ter os custos de aprovisionamento de madeira de eucalipto associados à solução ótima, de acordo com os meios de transporte à disposição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Logística, transportes, estatística florestal, programação linear, modelo de fluxos de custo mínimo, sector da pasta e do papel.

## ABSTRACT

Nowadays logistics and transportation areas depend on each other increasingly more due to the globalization of markets. Both supply and the demand are global as well as companies and costumers, being expected that, as time goes by, demands increase.

Throughout time, goods and people transportation have been accomplished to improve people's lives in order to create extra comfort to society itself, whereby transportation and logistics are fundamental instruments to achieve a better and more sustainable quality of life.

Goods transportation is made in a way to deliver the different products to the places where they are needed. To achieve this, a company must have logistics objectives consistent with the goal of satisfying customer's needs in a quick and efficient way, providing them with the products required in the right place, time and quantities. Transportation costs represents the biggest expense in a company.

The specific case study dealt with in this dissertation regards the pulp and paper industry, more specifically, the wood production and distribution in the entire Portuguese territory in order to supply four pulp and paper plants in four Portuguese municipalities (Setúbal, Aveiro, Figueira da Foz and Vila Velha de Rodão) through two different transportation modes, road and rail.

Therefore, through the use of geographic information systems as well as optimization software, it is intended, to do a forestry statistical study in Portugal and to use a mathematical model in order to supply the factories with eucalyptus wood using routes with certain associated costs, to achieve the main objective: minimum flux costs of supply. In this way, costs of supply can be analysed in different cases, as well the advantages or disadvantages of having an intermodal network, as result studying a case of a future solution of supplying thru new intermodal stations to be able to achieve the best supply costs of eucalyptus wood associated to the optimal solution, according to the means of transport available.

**KEYWORDS:** Logistics, transportation, forestry statistics, linear programming, Minimum Cost Flow Model, paper and pulp sector.

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO .....	ii
ABSTRACT .....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ABREVIATURAS.....	viii
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Contexto e Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da dissertação .....	2
2 APROVISIONAMENTO LOGÍSTICO.....	4
2.1 Importância e Funcionamento da Logística .....	4
2.2 Gestão da Cadeia de Aprovisionamento .....	4
2.3 Caracterização da Gestão da Cadeia de Aprovisionamento(GCA) .....	5
2.3.1 Globalização .....	5
2.3.2 Transporte de Mercadorias .....	7
2.4 Logística sustentável.....	8
2.5 Logística no setor da celulose.....	9
3 MADEIRA DE EUCALIPTO .....	12
3.1 Enquadramento Histórico do <i>Eucalyptus Globulus</i> em Portugal. ....	12
3.2 Produção e Distribuição Nacional .....	12
3.3 Eucaliptização.....	15
3.3.1 Prós e Contras.....	15
3.3.2 Carácter invasor .....	16
3.3.3 Mercado e geração de emprego .....	16
3.4 A empresa Navigator .....	17
3.4.1 Complexo Industrial de Setúbal.....	19
3.4.2 Complexo Industrial da Figueira da Foz .....	19
3.4.3 Complexo Industrial de Cacia (Aveiro) .....	20
3.4.4 Complexo Industrial de Vila Velha de Ródão. ....	20
4 ESTUDO ESTATÍSTICO E TRATAMENTO DE DADOS .....	21
4.1 Dados sobre a Navigator .....	21
4.2 Dados do ICNF - (FloreStat).....	21
4.3 Estudo Estatístico Florestal .....	23

---

4.3.1	Agregação de Municípios em Aglomerados.....	23
4.3.2	Estatística Eucaliptal .....	24
4.3.3	Distribuição Nacional de Eucalipto: .....	26
4.3.4	Produção e Produtividade Nacional de Eucalipto .....	27
4.4	Transporte de madeira de eucalipto .....	30
4.4.1	Transporte Rodoviário (distâncias) .....	30
4.4.2	Transporte Ferroviário (distâncias) .....	31
4.5	Custos.....	33
4.5.1	Custos de Transporte.....	33
4.5.2	Custos variáveis .....	33
4.5.3	Custos fixos .....	34
5	MODELO DE OPTIMIZAÇÃO.....	36
5.1	Modelos de programação Linear. ....	36
5.2	Fluxo do Custo Mínimo- Problemática Real.....	36
5.3	Formulação do Modelo .....	39
6	APLICAÇÃO DO MODELO: TRANSPORTE DE MADEIRA PARA FÁBRICAS DE CELULOSE.....	41
6.1	FICO® Xpress Optimization: Input e Output .....	42
6.1.1	Resultados da modelação .....	43
6.1.2	Compatibilização com SIG.....	44
6.2	Cenário 1: Rede Intermodal atual. ....	45
6.3	Cenários possíveis.....	48
6.3.1	Cenário 2: Rede exclusivamente rodoviária. ....	49
6.3.2	Cenário 3: Rede intermodal com transbordo geral .....	51
6.4	Cenário 4: Proposta Futura.....	53
7	CONCLUSÃO .....	58
7.1	Conclusão final .....	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - TROCAS COMERCIAIS EM MILHÕES DE DÓLARES (ADAPTADO DE OECD @ 2018A). .....	5
FIGURA 2.2 - ETAPAS DE PROCESSAMENTO DE MATÉRIA-PRIMA NUMA CADEIA DE APROVISIONAMENTO (ADAPTADO DE MOYAUX <i>ET AL</i> , 2006) .....	6
FIGURA 2.3 - TRANSPORTE DE CARGA RODOVIÁRIA E FERROVIÁRIA NAS PRINCIPAIS ECONOMIAS MUNDIAIS (EM MTON POR KM) (ADAPTADO DE OECD @ 2018B).....	7
FIGURA 2.4 - SISTEMA LOGÍSTICO DE REUTILIZAÇÃO (ADAPTADO DE FLEISCHMANN <i>ET AL</i> , 2000) .....	9
FIGURA 2.5 - ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DE UMA EMPRESA DE CELULOSE (ADAPTADO DE THE NAVIGATOR COMPANY, 2015).....	11
FIGURA 3.1 - DISTRIBUIÇÃO NACIONAL DE EUCALIPTO (À ESQUERDA) E PRODUTIVIDADE NACIONAL DE EUCALIPTO (À DIREITA) (ADAPTADO DE SOARES, 2006).....	13
FIGURA 3.2 - PRODUTIVIDADE EM DIFERENTES REGIÕES DE PORTUGAL (ADAPTADO DE CELPA- ASSOCIAÇÃO INDÚSTRIA PAPELEIRA @ 2016).....	14
FIGURA 3.3 - INDICADORES DO VOLUME DE NEGÓCIOS (ADAPTADO DE THE NAVIGATOR COMPANY, 2015) .....	17
FIGURA 3.4 - FLORESTA E CADEIA DE FORNECEDORES (ADAPTADO DE THE NAVIGATOR COMPANY, 2015). .....	18
FIGURA 3.5 - RECURSOS ENERGÉTICOS E RENOVÁVEIS (ADAPTADO DE THE NAVIGATOR COMPANY, 2015). .....	19
FIGURA 4.1- DIVISÃO DO TERRITÓRIO EM AGLOMERADOS DE MUNICÍPIOS. ....	23
FIGURA 4.2- PERCENTAGEM DE EUCALIPTO POR FLORESTA NO TERRITÓRIO NACIONAL. ....	25
FIGURA 4.3- DISTRIBUIÇÃO NACIONAL DE EUCALIPTO POR AGLOMERADOS. ....	27
FIGURA 4.4- PRODUTIVIDADE NACIONAL POR AGLOMERADO EM AMA (M <sup>3</sup> /HA/ANO).....	28
FIGURA 4.5- PRODUÇÃO NACIONAL POR AGLOMERADO (TON/ANO).....	29
FIGURA 4.6- SIMULADOR USADO NA OBTENÇÃO DE DISTÂNCIAS (ADAPTADO DE VIA MICHELIN @ 2017). .....	30
FIGURA 4.7- REDE FERROVIÁRIA USADA PELA MEDWAY-LOGISTICS. (ADAPTADO DE MEDWAY- LOGISTICS @ 2017).....	31
FIGURA 4.8- MAPA DA REDE FERROVIÁRIA PORTUGUESA (ADAPTADO DE IP @ 2017).....	32
FIGURA 5.1-SOLUÇÃO DE UMA REDE DE TRANSPORTE COM OS SEUS FLUXOS (ADAPTADO DE BRADLEY <i>ET AL</i> , 1977). .....	37
FIGURA 6.1- DISTRIBUIÇÃO PROPORCIONAL DA PRODUÇÃO ANUAL TOTAL PELOS AGLOMERADOS (EM TON/ANO).....	42
FIGURA 6.2- REPRESENTAÇÃO GRÁFICA NO SOFTWARE FICO XPRESS. ....	43
FIGURA 6.3- COMPATIBILIZAÇÃO GRÁFICA ENTRE FICO XPRESS (À DIREITA) E ARCGIS (À ESQUERDA). .....	44



---

FIGURA 6.4- REDE DE TRANSPORTES INTERMODAL ATUAL CAPAZ DE APROVISIONAR AS FÁBRICAS DA NAVIGATOR. ....	45
FIGURA 6.5- REDE DE FLUXOS DE TRANSPORTE PARA O CENÁRIO 1, COM ESPECIAL ENFOQUE NA REGIÃO SUL DE PORTUGAL E FÁBRICA DE SETÚBAL. ....	46
FIGURA 6.6- REDE DE FLUXOS DE TRANSPORTE PARA O CENÁRIO1, COM ESPECIAL ENFOQUE NAS REGIÕES CENTRO/NORTE DE PORTUGAL NAS FÁBRICAS DE AVEIRO E FIGUEIRA DA FOZ. ...	47
FIGURA 6.7 REDE DE APROVISIONAMENTO DE MADEIRA DE EUCALIPTO EXCLUSIVAMENTE RODOVIÁRIA. ....	49
FIGURA 6.8- REDE DE FLUXOS DE APROVISIONAMENTO NUMA REDE UNIMODAL, COM ESPECIAL DESTAQUE PARA AS REGIÕES CENTRO/NORTE DE PORTUGAL. ....	50
FIGURA 6.9- REDE DE APROVISIONAMENTO DE MADEIRA DE EUCALIPTO COM POSSIBILIDADE DE TRANSBORDO EM QUALQUER PONTO DO TERRITÓRIO NACIONAL.....	51
FIGURA 6.10- REDE DE FLUXOS DE APROVISIONAMENTO NUMA REDE INTERMODAL COM ESPECIAL DESTAQUE PARA AS REGIÕES CENTRO/SUL DE PORTUGAL. ....	52
FIGURA 6.11- SOLUÇÃO PROPOSTA DA REDE DE APROVISIONAMENTO DE MADEIRA DE EUCALIPTO COM DESTAQUE PARA AS NOVAS ESTAÇÕES DE TRANSBORDO. ....	54
FIGURA 6.12- FLUXOS DE APROVISIONAMENTO DE MADEIRA DE EUCALIPTO DE ACORDO COM A SOLUÇÃO PROPOSTA E AS SUAS NOVAS ESTAÇÕES INTERMODAIS. ....	56

## ABREVIATURAS

AMA - Acréscimo Médio Anual (em volume com casca)  
CELPA - Associação da Indústria Papeleira  
CPC, S.A. - CP Carga S.A.  
EN - Estrada Nacional  
EUA - Estados Unidos da América  
FCM - Fluxo do Custo Mínimo  
GCA - Gestão da Cadeia de Aprovisionamento  
IC - Itinerário Complementar  
ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas  
IFN - Inventário Florestal Nacional  
IP, S.A. - Infraestruturas de Portugal S.A.  
IP - Itinerário Principal  
MCF - Minimum Cost Flow  
ML - Medway-Logistics  
MSC, S.A. - Mediterranean Shipping Company S.A.  
NUT - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos  
OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico  
OECD - The Organisation for Economic Co-operation and Development  
PIB - Produto Interno Bruto  
PME - Pequenas e Médias Empresas  
PORDATA - Base de Dados de Portugal Contemporâneo  
PROF - Planos Regionais de Ordenamento Florestal  
SCM - Supply Chain Management  
SIG - Sistemas de Informação Geográfica  
TNC, S.A. - The Navigator Company S.A.  
UE - União Europeia

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

A logística é a área da gestão responsável por organizar recursos, equipamentos e informações para a execução de todas as atividades de uma empresa ou de um setor. Assim, a logística é vital quer para os consumidores quer para as empresas devido a múltiplos fatores, tais como a grande dispersão geográfica, a procura, a oferta, entre outros. A logística envolve a escolha do melhor meio de transporte, assegurando o transporte de mercadorias, com o mínimo custo e no menor tempo possível, garantindo a integridade da carga, assim como os prazos definidos (Moura, 2006).

Desde muito cedo na história da espécie humana, surge a necessidade de transportar mercadorias. Primeiro, na sequência do aparecimento das primeiras trocas comerciais entre os mais diferentes povos e depois no apoio logístico às guerras. Tal como a espécie humana, a logística tem vindo a acompanhar a evolução das inovações tecnológicas. (Kane, 2012)

Segundo Almeida *et al.* (2013), a crescente evolução deve-se ao facto de até ao século XVIII a expansão marítima e colonial dos povos europeus apenas assentar no transporte marítimo e fluvial. Em meados do século XIX, surge o transporte ferroviário, capaz de transportar mercadorias para zonas mais interiores, no que antes seria uma operação complicada a nível logístico. O transporte ferroviário veio permitir novas dinâmicas comerciais e menores custos de transporte. Mais tarde, o aparecimento do transporte rodoviário eleva os modelos logísticos de transporte de mercadorias a um outro nível, na medida em que levou ao grande investimento em estradas e acessos, tornando-o no transporte dominante no setor até aos dias de hoje.

No contexto desta dissertação, a mercadoria que se transporta é uma matéria-prima de extrema importância para a indústria da celulose, trata-se de madeira de eucalipto. A árvore que dá origem à matéria-prima requerida pela indústria da pasta de papel foi importada há cerca de 200 anos vinda da Austrália, país de onde é originária. A importância desta matéria-prima é de grande valor, uma vez que se reflete no PIB nacional com grande impacto, quer através de empresas certificadas, quer de pequenos produtores privados, por isso o impacto económico gerado pela produção de madeira de eucalipto é de extrema importância a nível económico, ambiental e social.

A gestão de aprovisionamento neste sector é feita com recurso a vários tipos de transporte, destacando como principal o uso do transporte rodoviário, através de veículos próprios de transporte de madeira. O uso do transporte ferroviário surge como segundo meio de transporte mais usado. De destacar que em alguns casos, o uso do transporte pode ser combinado, dando

origem a uma logística de intermodalidade, em que o uso de mais do que um meio de transporte é uma mais valia em todos os aspetos da cadeia de aprovisionamento.

## **1.2 Contexto e Objetivos**

Esta dissertação foca a temática da logística aplicada ao sector dos transportes, nomeadamente o transporte de madeira de eucalipto. Aborda a gestão da cadeia de aprovisionamento ligada ao fornecimento e abastecimento da matéria-prima de várias origens (“X”) para diferentes destinos (“Y”) com recurso a distintos meios de transporte.

Numa primeira parte pretende-se esclarecer e desmistificar a área da logística que está ainda muito associada a outras áreas profissionais, tais como a gestão ou a economia deixando de parte o planeamento de transportes integrado na área da engenharia civil. Assim, pretende-se escrutinar os aspetos principais da logística a vários níveis mostrando que a engenharia civil tem um papel importantíssimo neste ramo e que sem esta não seria possível ter uma gestão de cadeia de aprovisionamento adequada.

Seguidamente, tendo em vista o estudo de caso que será abordado, de maneira a ter uma melhor perceção do que envolve uma cadeia de abastecimento e como funciona, irá analisar-se aqueles que se consideram os aspetos mais importantes da cadeia de aprovisionamento de madeira.

O estudo de caso será essencialmente o produto da fusão entre a logística de transportes e a gestão da cadeia de aprovisionamento, considerando como ponto de partida a empresa multinacional *Navigator* (conhecida anteriormente como *Portucel Soporcel*), principal produtora de pasta de papel e principal consumidora de madeira de eucalipto em Portugal. Pretende-se estudar a capacidade de produção e a distribuição de eucalipto a nível nacional, a forma como é feito o transporte dessa matéria-prima, quais os transportes que envolve, as vantagens e desvantagens da distribuição para as várias fábricas do grupo, os custos fixos, os custos variáveis e os custos de transporte, bem como uma possível alternativa da rede atual de transporte para diminuir os custos de aprovisionamento.

## **1.3 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação está organizada em vários capítulos interligados na sua temática geral. Contempla uma introdução ao presente trabalho, dois capítulos técnicos, um com vista ao sector logístico e outro ao sector da madeira, uma abordagem ao modelo matemático aplicado no estudo de caso, a informação estatística e tratamento de dados, os resultados obtidos através da utilização do software (FICO Xpress) aplicado no desenvolvimento do estudo de caso e por fim o capítulo de conclusão.

No presente capítulo, é feito o enquadramento do tema e a apresentação dos objetivos e estrutura da dissertação.

No segundo capítulo, expõe-se a temática da logística de transportes de cargas, através de uma revisão bibliográfica com base em enquadramentos históricos, aspetos político-económicos, a sustentabilidade e uma análise da logística aplicada ao sector das madeiras enquanto principal matéria-prima abastecedora das fábricas de celulose.

No terceiro capítulo aborda-se a espécie de eucalipto e a sua madeira enquanto principal matéria-prima para o fabrico da celulose. Neste capítulo, o objetivo passa por desconstruir o mito à volta do eucalipto, apresentar o panorama nacional através de várias fontes e estudos.

O quarto capítulo consiste na compilação da informação recolhida junto de várias entidades e no tratamento dos dados com recurso ao software ArcGIS. Com este capítulo pretende-se mostrar de onde se obtiveram os dados, análise estatística, sistemas de informação geográfica e todo o tratamento de dados subsequente.

No quinto capítulo apresenta-se a formulação matemática do modelo de programação linear que se irá utilizar no estudo de caso (Modelo de Fluxos de Custo Mínimo): função-objetivo, variáveis de decisão, parâmetros e restrições.

No sexto capítulo, tem-se então o estudo de caso envolvendo a multinacional *Navigator* e as suas fábricas de celulose, no qual se utiliza o software otimização (FICO Xpress). Definiu-se como objetivo estudar a floresta nacional através de vários cenários hipotéticos, com especial destaque para o eucalipto através de aglomerados de municípios, para perceber de que maneira é mais vantajoso fornecer as diferentes fábricas com recurso a dois modos de transporte diferentes (transporte ferroviário e transporte rodoviário), tendo em conta os vários custos associados.

Por fim, no sétimo e último capítulo será exposta a conclusão obtida na aplicação do modelo de programação linear ao estudo de caso em diferentes cenários e num cenário futuro.

## 2 APROVISIONAMENTO LOGÍSTICO

### 2.1 Importância e Funcionamento da Logística

Os sistemas logísticos correspondem a uma das atividades mais importantes nas sociedades modernas. São sistemas constituídos por um conjunto de equipamentos ligados através de redes de transporte, em que esses equipamentos podem ser considerados, por exemplo as fábricas onde as matérias-primas são processadas para o fabrico dos mais variados produtos. Para além de fábricas, os equipamentos podem também ser agrupados em armazéns, centros de distribuição, linhas de montagem e produção, pontos de transferência, terminais de transporte, lojas em que é feita a venda dos produtos finais, entre outros (Ghiani *et al.*, 2004).

Para que seja possível que os produtos circulem entre os diferentes equipamentos é preciso existir um serviço de transporte que garanta que os produtos consigam sair de uma origem, passar por diferentes pontos intermédios, e por fim chegar a um destino. Como tal é vital que haja um conjunto de veículos e equipamentos, tais como camiões, reboques, contentores e comboios que o consigam fazer e que estes estejam conectados e organizados através de um sistema de planeamento e gestão.

### 2.2 Gestão da Cadeia de Aprovisionamento

A gestão de uma cadeia de aprovisionamento (GCA) ou *Supply Chain Management* (SCM) em inglês, é definida por Moyaux *et al.* (2006) como “*um sistema de planeamento e gestão que faz face aos inúmeros problemas logísticos, tomando decisões estratégicas relativas ao planeamento de produção e às rotas de transporte*”. Estas duas decisões são maioritariamente dependentes uma da outra, ou seja, tratar cada uma independentemente torna o planeamento e a gestão do problema mais difícil, devido às inúmeras restrições que daí advém (produção, envio, capacidade de inventário, obrigações legais, etc).

A GCA pode ter duas vertentes, uma vertente empresarial e uma vertente pública. Tanto uma como a outra consistem num planeamento detalhado, embora sejam diferentes no que toca ao seu propósito final. Uma cadeia de fornecimento empresarial tem o intuito de fornecer mercadorias desde o fornecedor até aos pontos de venda onde se encontra o consumidor, enquanto que uma cadeia de fornecimento pública determina o conjunto de equipamentos que poderão prestar serviços aos cidadãos, por exemplo serviços elementares como a recolha do lixo (Ghiani *et al.* 2004). Em ambos os casos segundo Ghiani *et al.* (2004), o objetivo principal passa por definir o(s) equipamento(s), o(s) número(s) de equipamento(s), a localização do(s) mesmo(s), bem como o tamanho de cada um deles.

## 2.3 Caracterização da Gestão da Cadeia de Aprovisionamento (GCA)

A GCA é constituída por diferentes fatores dos quais se destacam os fatores globais, os político-económicos, os financeiros entre outros. Nos próximos subcapítulos pretende-se realizar uma análise e observar como podem afetar positivamente ou negativamente a GCA.

### 2.3.1 Globalização

Desde meados dos anos 80 que uma nova tendência nos negócios tem vindo a surgir, e cada vez mais essa tendência continua a destacar-se no mercado com uma grande expansão. Atualmente a maioria das transações comerciais desenvolve-se através da exportação e importação de produtos ou matérias-primas (como se pode verificar na figura 2.1, as transações comerciais entre as maiores economias do mundo estão num patamar muito superior à realidade portuguesa). No entanto do ponto de vista empresarial, não se trata apenas da venda e compra de mercadoria, mas também da localização de equipamentos/fábricas, ou simplesmente de estudar a melhor localização de plataformas/serviços de apoio à cadeia de aprovisionamento (Lee, H. L., & Lee, C., 2007).

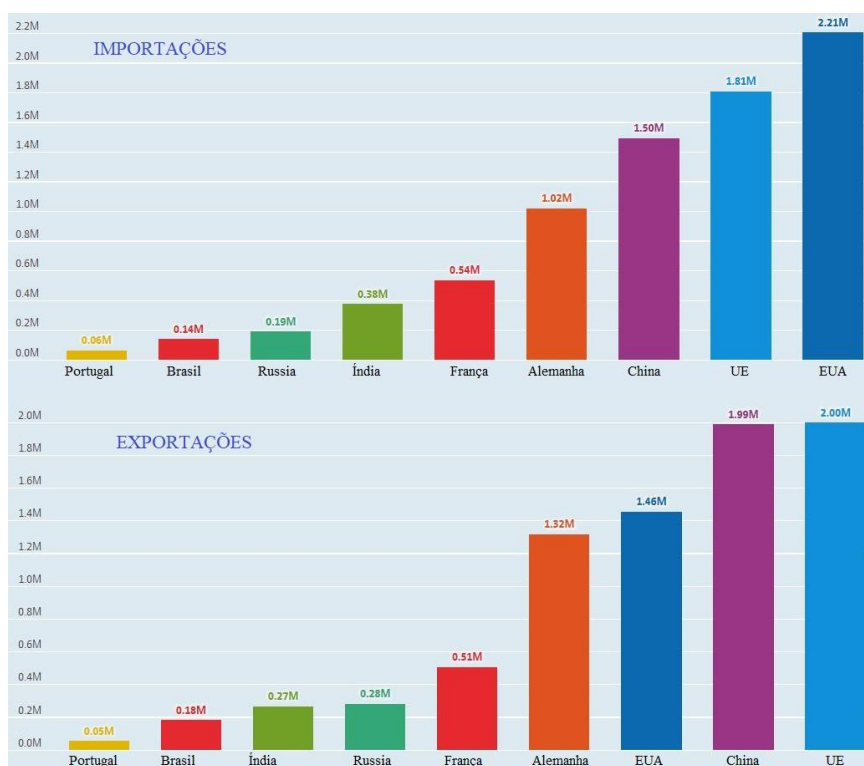


Figura 2.1 - Trocas comerciais em milhões de dólares (adaptado de OECD @ 2018a).

De acordo com estudos desenvolvidos, Cagliano *et al.* (2009) argumenta que a principal razão pela qual o fenómeno tem vindo a crescer deve-se ao facto de muitas das empresas produtoras localizarem as fábricas de produção em múltiplos locais, reduzindo assim os custos,

umentando os lucros beneficiando de mão-de-obra mais barata, subsídios governamentais, taxas e impostos mais baixos e redução da própria logística envolvida.

Num mundo cada vez mais global, existem outros aspetos a ter em conta, tais como o facto de as fronteiras serem cada vez menos uma barreira física no que diz respeito à cadeia de aprovisionamentos, tome-se como exemplo a União Europeia, em que o transporte de bens é feito livremente. Assim, os regulamentos são cada vez menos restritivos, através da criação de zonas económicas com o intuito de escoar e/ou receber mercadoria. Especialmente devido à consciência social e ambiental, que consoante o crescimento do mercado global, permitem uma maior confiança comercial entre empresas e consumidores, bem como arranjar estratégias sustentáveis que justifiquem e fortaleçam a cadeia de fornecimento global (Dawei, 2011). Na figura 2.2 é possível perceber como se efetua o processo de aprovisionamento de fábricas, desde a origem da matéria-prima até ao consumidor final.

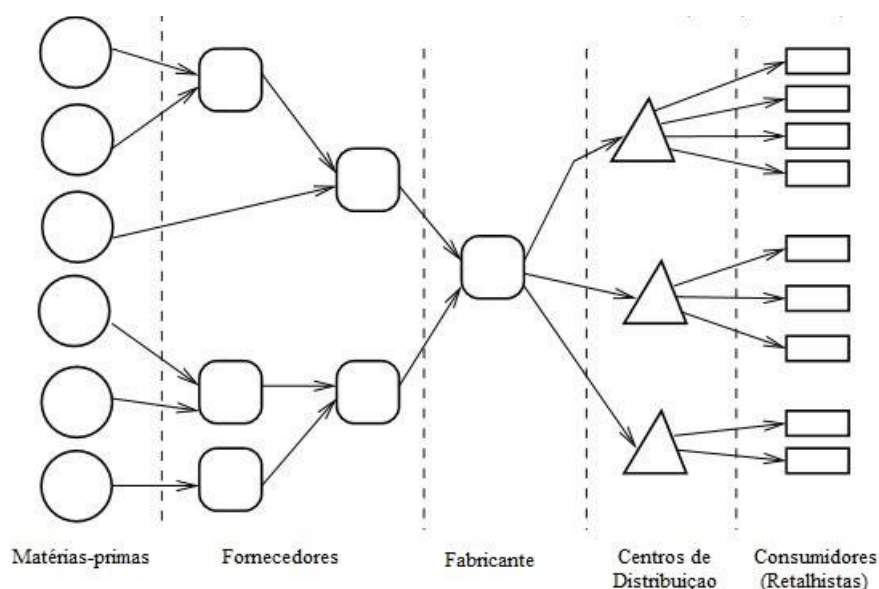


Figura 2.2 - Etapas de processamento de matéria-prima numa cadeia de aprovisionamento (adaptado de Moyaux *et al*, 2006)

Por outro lado, existem também aspetos negativos, já que a globalização exige grandes distâncias geográficas e por isso os custos são acrescidos, não só a nível financeiro, mas também a nível de tempo.

A GCA global prende-se também com fatores culturais e regionais próprios de cada parte do planeta. De vários estudos efetuados, Wolf (2008) conclui que ao existirem problemas no fornecimento de matérias ou produtos na cadeia de fornecimentos estes podem em grande parte dever-se à região onde existe a procura ou oferta. Wolf (2008) dá como exemplo o facto de



países industrializados como os da União Europeia terem um grande número de infraestruturas adequadas, enquanto os países africanos carecem dos meios adequados para escoar ou receber mercadoria (falta de transportes, telecomunicações, mão de obra qualificada). Existem ainda outros riscos associados ao facto de a empresa estar “desmembrada globalmente”, devido a fatores como a incerteza política e económica de certas regiões, as taxas de câmbio ou a legislação ambiental. Com base nestes fatores, a empresa deverá analisar onde e em que quantidade deverá ser a sua presença de modo aos seus investimentos terem um retorno financeiro adequado (Cagliano *et al.* 2009).

### 2.3.2 Transporte de Mercadorias

Segundo Almeida *et al.* (2013), o transporte de mercadorias é um dos maiores “motores” das economias locais, mas sobretudo das economias mundiais. Entende-se como transporte de mercadorias o processo de transportar matérias-primas e produtos. Este processo tem-se vindo a surgir cada vez mais nas economias atuais e são vários os modos de transporte de mercadorias disponíveis, tais como o transporte rodoviário, ferroviário, aéreo e marítimo. Mais recentemente, em finais do século XX, deu-se especial atenção à combinação entre os diferentes modos de transporte, em detrimento dos transportes a funcionar independentemente. Esta fusão de transportes veio dar origem ao que hoje se conhece como intermodalidade.

Na figura 2.3 são apresentados dados da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) sobre o uso dos transportes rodoviário e ferroviário relativo ao transporte de carga, no período 2000-2015.

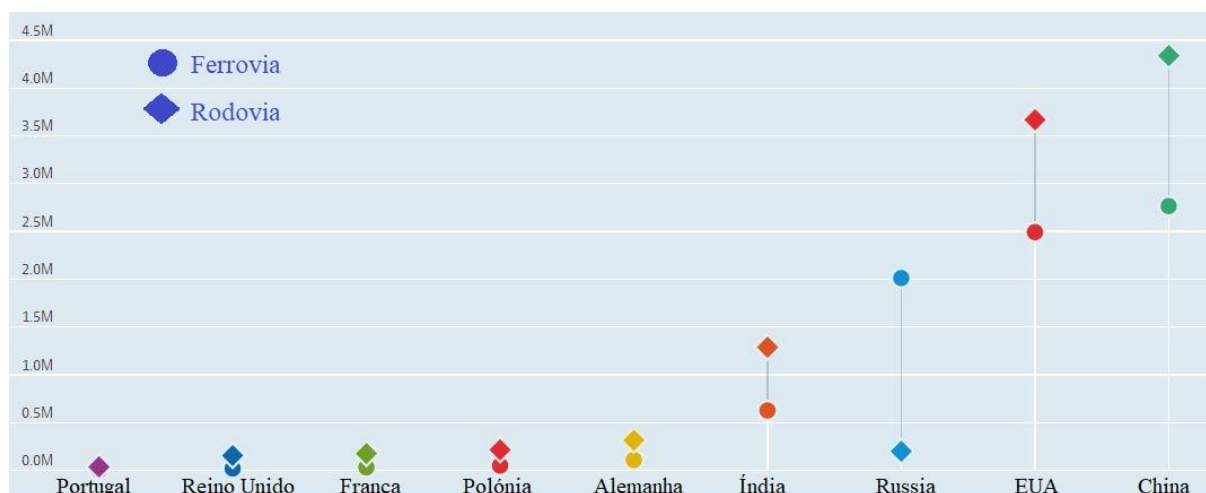


Figura 2.3 - Transporte de carga rodoviária e ferroviária nas principais economias mundiais (em Mton por km) (adaptado de OECD @ 2018b)

Através da interpretação da figura, verifica-se que Portugal está na última posição, quando comparado com as grandes potências industriais europeias como a Alemanha ou o Reino Unido. Importa referir ainda que face às quatro maiores potências mundiais, a Europa enquanto formada por países individuais representa uma ínfima parte do que é transportado por estas potências. Assim, só “competindo” em conjunto (UE), consegue estar no patamar da Rússia, EUA, Índia e China.

Como é definido por Crainic e Kim (2007), “*intermodalidade é a capacidade de transportar uma carga desde a sua origem através de uma sequência de pelo menos dois modos de transporte diferentes em que a transferência da carga é feita através de uma plataforma intermodal, preparada para o propósito de combinar diferentes tipos de transporte.*”

Hoje em dia, um dos métodos preferenciais de transporte é o uso do transporte marítimo com recurso a contentores devido aos seus baixos custos. Trata-se de um bom exemplo para explicar o uso de diferentes tipos de transporte para uma mesma mercadoria, já que os contentores são transportados por via marítima, mas antes de serem colocados no navio são transportados por ferrovia e/ou rodovia o que traduz esta combinação numa combinação intermodal.

## **2.4 Logística sustentável**

A logística sustentável ou logística verde é o produto de anos de acidentes, incidentes, poluição atmosférica, sonora e marítima. Estes impactes ambientais têm vindo a refletir-se no aquecimento global de uma forma notória, uma vez que o uso desenfreado de transportes e dos seus respetivos combustíveis fósseis são em grande parte os causadores dos problemas ambientais nas sociedades modernas. O conceito de logística sustentável tenta assim minimizar os impactos causados, reduzindo a pegada ecológica deixada pelas milhões de operações logísticas que recorrendo a diferentes modos de transporte ocorrem diariamente (Seroka-Stolka, 2014).

Outros fatores apontados para o uso deste tipo de logística estão claramente relacionados com o uso da logística inversa, através da reutilização e reciclagem de matéria-prima e produtos, como está representado na figura 2.4. Neste aspeto a logística inversa integra parte da logística sustentável.

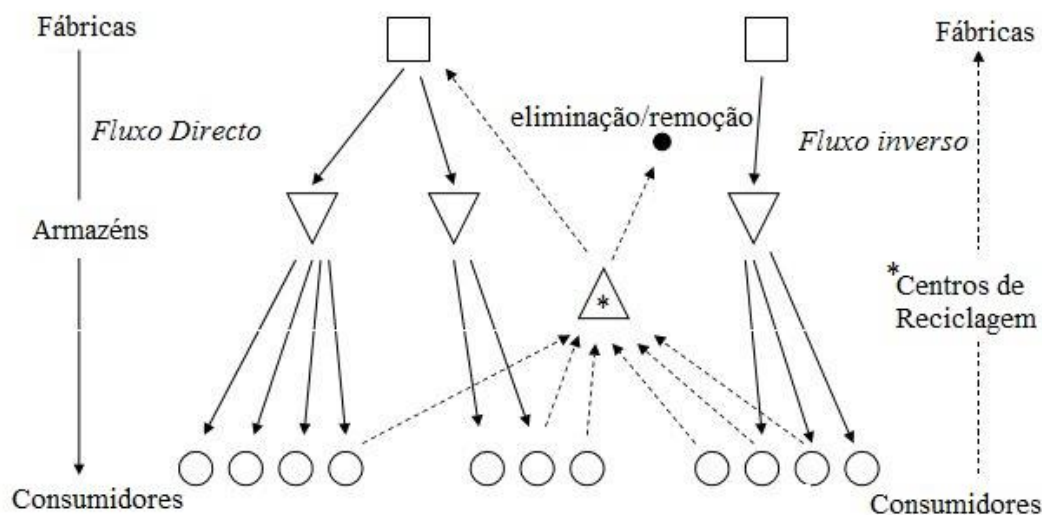


Figura 2.4 - Sistema logístico de reutilização (adaptado de Fleischmann *et al*, 2000)

Segundo Rico (2014), hoje em dia ainda existe um “tabu” empresarial referente ao retorno financeiro obtido se as empresas aplicarem medidas ambientais. As empresas, normalmente PME, ficam pouco recetivas a essas medidas, pois receiam não obter contrapartidas financeiras e com isso afetar a sua competitividade e respetivos lucros. Desse modo, é também do interesse governamental legislar e conseguir a aprovação de benefícios fiscais e subsídios para empresas que estejam dispostas a “sustentar” a logística.

Atualmente, a prova de que as empresas estão mais conscientes sobre os impactos ambientais é que em muitas delas são publicados relatórios de sustentabilidade. De salientar, o setor da celulose, em que empresas certificadas como a *Navigator* ou a *Altri*, duas das grandes empresas nacionais no ramo da indústria papelreira, possuem os seus viveiros florestais certificados obtendo assim uma maior sustentabilidade. É possível constatar também, que ambas as empresas publicam anualmente relatórios de sustentabilidade frisando as soluções que tomam e em que medida existe um retorno sustentável para as próprias empresas.

## 2.5 Logística no setor da celulose

Entende-se por celulose, a pasta de papel criada a partir de madeira de eucalipto (matéria-prima pura) que, por sua vez, dá origem ao produto final que todos conhecemos como papel. Atualmente o sector da celulose é um dos grandes sectores nacionais, afetando significativamente a floresta e o território, gerando grandes receitas através do mercado nacional e também através das grandes quantidades exportadas de papel para o mercado externo. Através da produção de celulose, segundo dados de empresas da área como a

*Navigator*, é possível olhar para a floresta como um recurso renovável, já que a procura por matéria-prima é constante e continua a aumentar, fomentando novas plantações de eucalipto ou pinheiro e reflorestando zonas anteriormente afetadas por pragas ou fogos. Estima-se que na Europa a floresta tenha vindo a crescer na ordem dos 17 milhões de hectares a cada 20 anos (Portucel-Soporcel, 2014a).

Num continente onde a madeira abunda, é preciso repensar a maneira de transportar toda uma matéria-prima até ao seu destino final, as fábricas de celulose. Nesse sentido, há que ter em conta as infraestruturas existentes num determinado país ou região. No caso da União Europeia, a livre circulação de produtos e bens faz com que a madeira possa fluir com grande facilidade, em especial na Península Ibérica, de onde provém grande parte da madeira com destino às fábricas nacionais. No entanto, independentemente da livre circulação no mercado ibérico existe ainda o problema do escoamento do produto final. No caso do papel, a sua livre circulação e a existência de infraestruturas adequadas, sejam elas portuárias, ferroviárias ou rodoviárias, permitem distribuir o papel produzido em Portugal praticamente por quase toda a Europa. Tal, deve-se à existência de um mercado único, europeu.

A sustentabilidade para materiais como a celulose ou o papel faz mais do que sentido, uma vez que o papel pode ser reciclado mais do que uma vez, reduzindo o desperdício e combatendo o desmedido abate de florestas para obter a sua madeira. Deste modo, a reciclagem de papel é cada vez mais uma prioridade das empresas, não só a nível económico como a nível ambiental. Veja-se então o caso do tipo de papel usado para jornais ou embalagens. O facto de serem fibras de menor qualidade não implica o abate de uma árvore nova com muito melhor qualidade, pelo contrário, nesse tipo de situação utilizam-se fibras recicladas e com menor exigência de qualidade. No lado oposto, estão os papéis de impressão e escrita em que é necessária uma maior qualidade e por isso não é uma boa opção usar fibras recicladas (Portucel-Soporcel, 2014a).

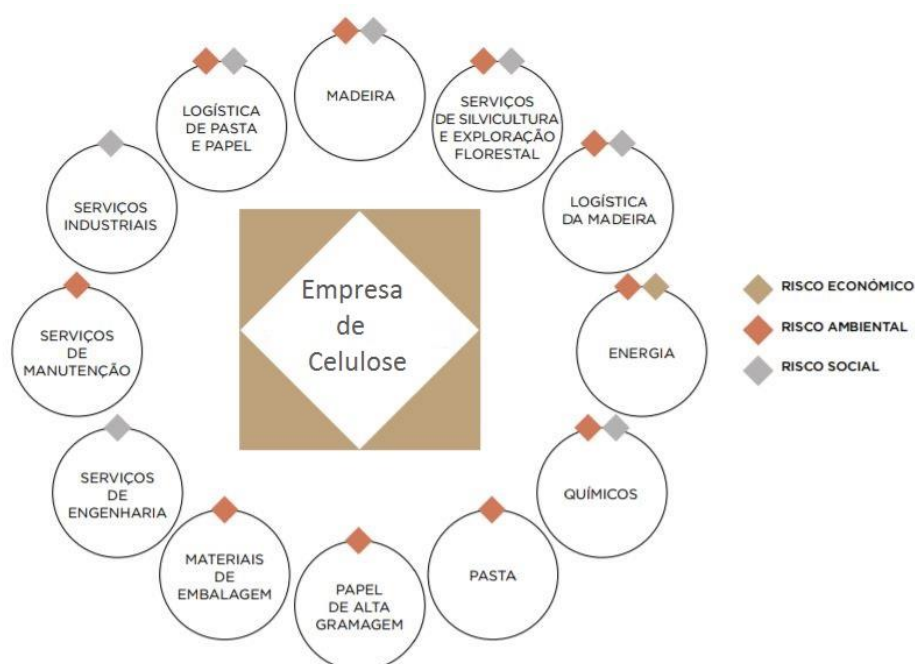


Figura 2.5 - Organização e gestão de uma empresa de celulose (adaptado de The Navigator Company, 2015)

Grande parte da madeira com destino às empresas nacionais de celulose usa o transporte rodoviário, devido à fácil circulação por diferentes rotas e em diferentes horários e sobretudo porque no panorama nacional a distribuição de árvores com destino a fábricas de celulose encontra-se por todo o território, já que grande parte da matéria-prima é fornecida por proprietários privados de pequena dimensão (Silva *et al.* 2007). Analisando a questão de um ponto de vista macro, é impossível aceder a todos os proprietários, ou até mesmo a alguns municípios portugueses por comboio. Ao invés, que uma frota de camiões consegue aceder a todos os pequenos e médios proprietários privados sem qualquer dificuldade. Hoje em dia cada vez mais empresas acreditam na multimodalidade, conforme já mencionado, ou seja, em transportes efetuados por mais do que um modo de transporte para um mesmo produto, reduzindo assim consumos e emissões, maximizando o desempenho (Grupo Portucel-Soporcel, 2014b).

### 3 MADEIRA DE EUCALIPTO

#### 3.1 Enquadramento Histórico do *Eucalyptus Globulus* em Portugal.

Para melhor se perceber o porquê da escolha desta matéria-prima para o estudo de caso é necessário traçar o perfil histórico do eucalipto até ao panorama nacional que hoje se conhece e que a todos nós de alguma maneira afeta. Como tal, começa-se por identificar a primeira vez que o *Eucalyptus Globulus* (nome científico da espécie) aparece em Portugal.

De acordo com arquivos históricos e com Silva *et al.* (2007), a data de introdução da espécie em Portugal não é certa, bem como quem a terá introduzido. Estima-se que poderá ter sido feita entre 1852 e 1854. Inicialmente a introdução de eucalipto em Portugal passava apenas pelos interesses pessoais de alguns amadores de plantas. Mais tarde pensou-se que plantas indígenas seriam o ideal para reflorestar certas áreas, uma vez que o eucalipto poderia ter fins medicinais (eucaliptol) e a sua casca e lenha poderiam servir para o fabrico de pasta de papel.

Na primeira metade do século XX, o eucalipto ainda não possuía a fama que tem hoje, ficando-se pelos 8000 hectares, num universo de 2.1 milhões de hectares de floresta no ano de 1926. Já nessa altura se começava a despertar para a importância do eucalipto na indústria do papel, pelo facto de ser uma árvore de desenvolvimento rápido e com excelentes qualidades para a produção de pasta de papel. Até meados da década de 50, a área de eucaliptal nunca ultrapassou os 50 mil hectares. Após 1960 dá-se uma explosão da plantação de eucalipto, a chamada “eucaliptização” (Silva *et al.* 2007).

Na segunda metade do séc. XX, a “eucaliptização” dá-se de forma acentuada. Em 1962 haveria cerca de 150 mil hectares, em 1980 cerca de 250 mil hectares e uma década mais tarde atingiram-se os 450 mil hectares. Hoje em dia, o eucalipto apresenta-se como uma das espécies florestais com maior presença nas florestas nacionais, estimando-se que existam aproximadamente 740 mil hectares de eucalipto. Com o rápido crescimento da indústria da celulose, grande parte da floresta de eucalipto destina-se a dar resposta à procura desta indústria.

#### 3.2 Produção e Distribuição Nacional

A procura desta árvore como principal fornecedor de matéria-prima para fábricas de celulose, prende-se com as características especiais que o eucalipto possui, sendo facilmente identificáveis algumas delas, como por exemplo:

- Crescimento rápido;
- Alto rendimento fabril;

- Baixa percentagem de casca;
- Elevada rentabilidade económica;
- Excelentes características papeleiras.

Apesar de se tratar de uma espécie de carácter invasor, esta espécie adapta-se facilmente ao clima mediterrânico, bem como à restante biodiversidade existente nas florestas portuguesas. A principal concentração de eucaliptos a nível nacional situa-se a norte do rio Tejo, sendo o centro e o norte do país as regiões com maiores áreas de eucalipto como se pode constatar na figura 3.1. Através desta mesma figura é possível observar que as regiões com maior produtividade são as que possuem maior densidade eucaliptal.

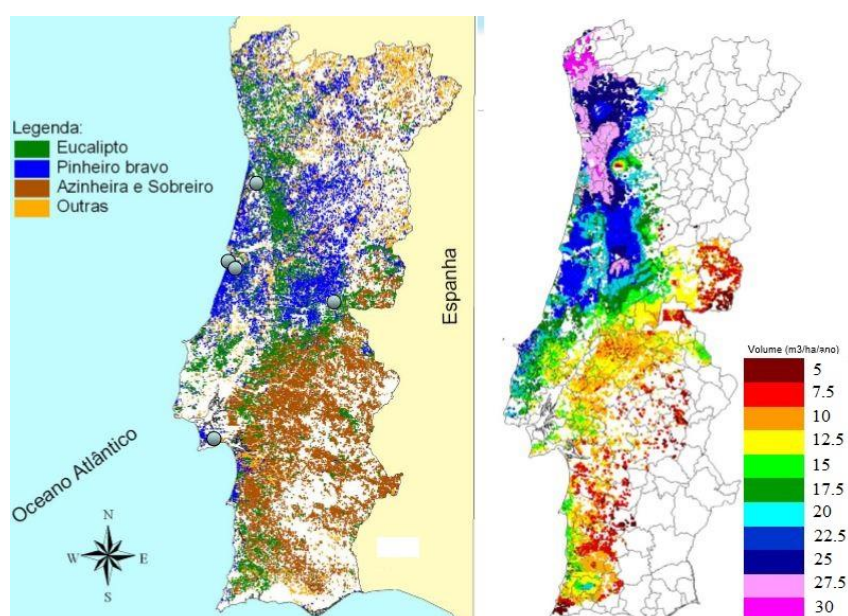


Figura 3.1 - Distribuição nacional de eucalipto (à esquerda) e produtividade nacional de eucalipto (à direita) (adaptado de Soares, 2006)

Como refere Silva *et al.* (2007), a produtividade do eucalipto em Portugal está associada ao clima mediterrânico, com um inverno moderado, em que a precipitação anual média ronda os 700mm. Atualmente as plantações de eucalipto têm maior desenvolvimento na faixa litoral da região centro, com principal destaque para o eixo Porto-Aveiro-Coimbra, que corresponde a quase 40% da área total nacional de eucalipto segundo Alves *et al.* (2007). No extremo oposto situam-se as regiões do interior norte e Alentejo interior, que apesar de possuírem grandes áreas (46% do território) possuem uma área de eucaliptal relativamente pequena, cerca de 5%.

Consultando o simulador virtual da Celpa (Celpa-Associação Indústria Papeleira @ 2016) é possível comparar diferentes níveis de produtividade (m³/ha/ano) em diferentes regiões, no que poderá ser uma estimativa da produtividade em determinada zona de acordo com as práticas

recomendadas e com as características atmosféricas e climatéricas próprias de cada região. Na figura 3.2. é possível constatar essas diferenças de produtividade. Relativamente a dois casos concretos, no interior do Alentejo (Ferreira do Alentejo) tem-se sensivelmente 6.354 m<sup>3</sup>/ha/ano enquanto que na região centro (Tondela) esse valor aumenta para 14.361 m<sup>3</sup>/ha/ano. Constatase que as diferenças são muito significativas de uma região para a outra, tendo em conta que ambas possuem os mesmos 1000 hectares na simulação e as mesmas árvores com 8 anos de existência (aproximadamente a idade de corte).

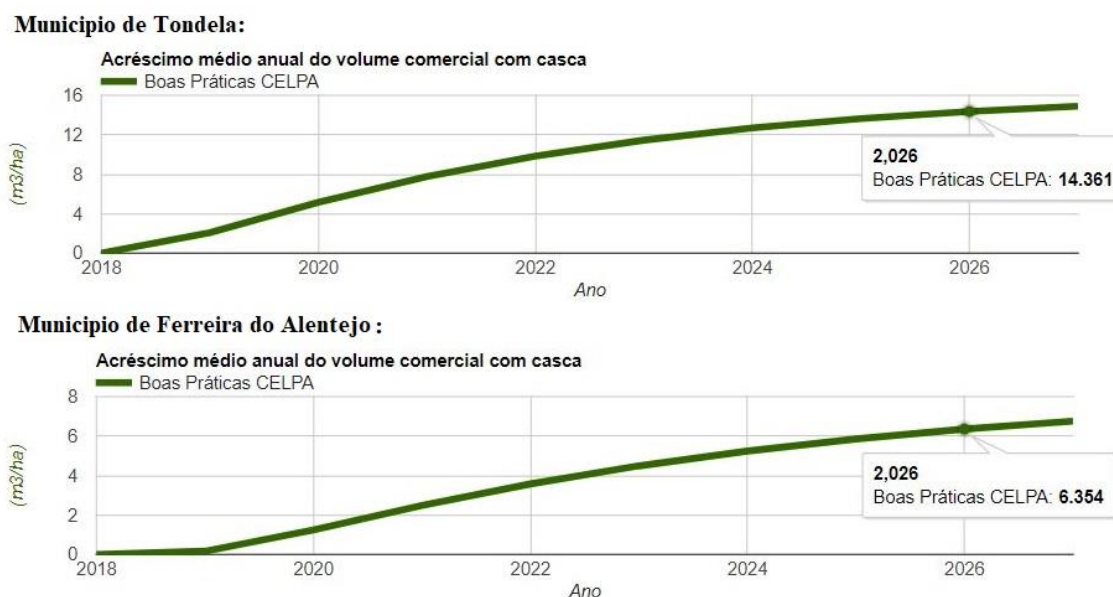


Figura 3.2 - Produtividade em diferentes regiões de Portugal (adaptado de Celpa-Associação Indústria Papeleira @ 2016).

Além da produtividade é possível observar a diferença na altura das árvores de ambas as regiões, tendo em conta que se trata da altura média das maiores 100 árvores presentes num hectare. Uma plantação com 8 anos de existência presente no interior do Alentejo possui uma altura em média de cerca de 15.3 metros, enquanto que na região centro apresenta cerca de 20.5 metros, o que significa uma diferença enorme na produção de cada uma das regiões, especialmente se se considerar árvores com mais idade.

De acordo com Madeira *et al.* (2007), estima-se que para a região centro, principal produtora de eucalipto, a produtividade em AMA (Acréscimo médio anual em volume com casca) será aproximadamente entre 16 e 24 m<sup>3</sup>/ha/ano. Outros autores, como Machado (1999), defendem que a produtividade será um pouco diferente, atingindo 20 a 30 m<sup>3</sup>/ha/ano em regiões acima do rio Mondego, enquanto que no resto do país será de 3 a 10 m<sup>3</sup>/ha/ano para regiões a sul do rio Tejo e 10 a 20 m<sup>3</sup>/ha/ano para regiões a norte do rio Douro. Na figura 3.1. é possível visualizar



a produtividade de eucalipto a nível nacional segundo a *Navigator*, que não é muito diferente do que os vários autores afirmam (maior produtividade na região centro/norte, junto ao litoral).

Deste modo, é fácil perceber as razões que levam o eucalipto a ter uma grande representação na floresta portuguesa. Desde produtores privados a grandes empresas industriais, todos procuram grandes rendimentos promovidos pelo sector da pasta de papel, como tal é expectável que a “floresta industrial” continue a ser garantida nos próximos anos, independentemente das limitações impostas.

### 3.3 Eucaliptização

#### 3.3.1 Prós e Contras.

A floresta tal como a conhecemos, depende de um conjunto de fatores, que podem ser de carácter natural ou carácter antropológico. A alteração de uma determinada paisagem para uso florestal intensivo está associada a um grande horizonte temporal como refere Silva *et al.* (2007). Deste modo há que ter em conta a dimensão da nova floresta, a ocupação anterior do solo, as consequências resultantes da nova floresta, bem como os impactes resultantes de uma modificação da paisagem. De acordo com Daba (2016), existem vantagens e desvantagens no cultivo e produção de eucalipto, são elas:

Vantagens:

- Produção de biomassa: em situações de produção energética através deste recurso, o rápido crescimento do eucalipto contribui para a fácil geração de energia;
- Efeitos do solo: A deposição das suas folhas no solo pode contribuir para o aumento dos nutrientes em terrenos baldios ou encostas, sendo que no caso das encostas o eucalipto atua como fixador das terras, prevenindo derrocadas;
- Efeitos hidrológicos: Em regiões onde é possível a ocorrência de inundações e acumulação de águas, o eucalipto atua como um escoamento natural. O eucalipto através da sua cobertura arbórea pode ainda reduzir o impacto da erosão provocada pelas chuvas;
- Resistência a distúrbios: Algumas espécies de eucalipto são imunes a certos tipos de praga, assim como também são intragáveis para o gado.

Desvantagens:

- Produção de biomassa: Quando existe escassez de terras agrícolas;
- Efeitos do solo: O eucalipto retira nutrientes ao solo em zonas em que estes são necessários a produções agrícolas (no entanto a magnitude não é conhecida);

- Efeitos hidrológicos: Os efeitos provocados pela plantação de eucaliptos são ainda muito incertos. Podem ter um efeito negativo junto de explorações agrícolas, através do excesso de consumo de água e em zonas onde a abundância de água já é diminuta;
- Resistências a distúrbios: O problema da intragabilidade das folhas para o gado pode causar problemas ao pastoreio. A migração de pragas pode afetar zonas não imunes, causando perdas nas plantações;
- Incêndios: Quando existe uma grande densidade de eucaliptal, com abundância de biomassa não tratada, associado a um clima mediterrânico quente, o eucalipto atua como propagador de incêndios de grandes dimensões, em parte devido às suas características naturais.

### **3.3.2 Carácter invasor**

No início do cultivo industrial de eucalipto, este confinava-se apenas aos terrenos destinados ao propósito da produção para servir a indústria. Com o passar do tempo, da intensificação da produção e também devido ao cultivo por parte de pequenos proprietários privados com menos controlo da sua produção, dá-se a “invasão” propriamente dita. Com a disseminação da cultura do eucalipto muitas das vezes sem controlo rigoroso, a disseminação de sementes é mais provável de acontecer. Assim, para Goes (1977), um hectare de eucalipto pode produzir cerca de 3-5 kg de sementes (um quilograma de semente poderá conter até cerca de 400.000 sementes). Assim, o facto de um simples eucalipto produzir tamanha quantidade de sementes associado a ventos e animais entre outras formas de disseminação da semente, gera o descontrolo da plantação, fazendo com que o eucalipto se encontre em praticamente qualquer lado desde que existam condições para isso.

### **3.3.3 Mercado e geração de emprego**

Como qualquer outro mercado e qualquer outro tipo de matéria-prima, a produção de eucalipto e a sua comercialização como madeira para empresas de pasta de papel, tem vindo a encontrar cada vez mais dificuldade no território nacional, devido a fatores de concorrência de mercado externo com países como o Brasil ou Moçambique, mas também devido a fatores de ordem governamental, com novas legislações a impor regras mais apertadas ao cultivo do eucalipto. Um facto que torna este tipo de mercado tão atrativo para grandes e pequenos proprietários é a alta rentabilidade económica do eucalipto, que em Portugal atinge 1% do PIB com a indústria da celulose. No ramo da geração de emprego, a floresta desempenha um papel crucial em Portugal, possibilitando a contratação de mão-de-obra variada, quer no cultivo das árvores, quer no corte da madeira. No entanto, para cada atividade existe uma qualificação adequada, o que aumenta a empregabilidade. As áreas plantadas com eucalipto não se destinam apenas à sua produção enquanto recurso para o fabrico da celulose; pelo contrário, ao plantar eucalipto está a encorajar-se diferentes tipos de atividades e a fomentar-se o emprego na região. Exemplo

disso são as atividades económicas como a biomassa florestal, a apicultura e a caça, entre outras (Grupo Portucel-Soporcel, 2014b).

### 3.4 A empresa Navigator

A *Navigator* apresenta-se como a maior empresa nacional privada de transformação de madeira de eucalipto em pasta de papel. Esta empresa não só desempenha um grande papel quer para a indústria da celulose, como também desempenha um papel importantíssimo a nível económico juntamente com outras empresas de celulose, perfazendo mais de 1% do PIB (Produto Interno Bruto) total português, o que significa cerca de 2700 milhões de euros. No seu conjunto a empresa gera um valor anual superior a 1600 milhões de euros. Os principais indicadores da empresa nos anos 2014 e 2015 estão representados na figura 3.3 (The Navigator Company, 2015). O grupo exporta cerca de 1,2 mil milhões de euros anualmente. Um desempenho como este afeta qualquer região positivamente. De acordo com dados recentes, o volume de negócios da empresa cresceu cerca de 40% quando comparado com anos anteriores, enquanto em termos de vendas de pasta de papel houve um crescimento de 11%.

PRINCIPAIS INDICADORES		
	2014	2015
<b>NEGÓCIOS</b>		
Volume de negócios, mil milhões €	1,5	1,6
EBITDA/Vendas, %	21,3	24,0
Investimentos, milhões €	50,3	148,5
Índice de Satisfação do Cliente, Papel UWF (bienal), %		91
Capacidade anual de produção viveiros Moçambique, milhões plantas #		12
Colaboradores novos negócios, #		
Portucel Moçambique	83	228
Tissue (Vila Velha Ródão)		199
Colombo Energy (USA)		14

Figura 3.3 - Indicadores do volume de negócios (adaptado de The Navigator Company, 2015)

Devido às recentes limitações impostas pelo governo português no que diz respeito ao aumento da produção de eucalipto, a *Navigator* decidiu expandir o seu crescimento fora de Portugal, olhando para Moçambique como um potencial ponto de interesse, onde tenciona investir 2.3 mil milhões de euros (The-Navigator-Company @ 2017).

Deste modo, a empresa consegue estabelecer relações de mercado não só a nível nacional, mas também a nível internacional, impondo-se como uma das maiores empresas de celulose e produção de papel a nível mundial, exportando o seu produto final para mais de 123 países nos

cinco continentes e representando cerca de 3% das exportações portuguesas em bens (Soporcel, 2015).

O grupo refere nos seus relatórios de sustentabilidade, três dos seus principais objetivos (The Navigator Company, 2015):

- Promover o valor económico e florestal que o país tem para oferecer;
- Criar uma consciência empresarial e social de gestão florestal;
- Conservar a floresta adotando estratégias de certificação e divulgação de informação.

A *Navigator*, possui os maiores viveiros florestais (ou florestas privadas se assim se entender) da Europa, onde são produzidos cerca de 12 milhões de plantas, sendo que grande parte da distribuição de viveiros a nível municipal engloba cerca de 165 municípios portugueses em cerca de 120 mil hectares (Portucel-Soporcel, 2014a). Excluindo as próprias plantações, grande parte da madeira que a empresa adquire não é dos próprios viveiros, é adquirida no mercado ibérico. Segundo o Grupo Portucel-Soporcel (2014c), 90% do abastecimento corresponde a madeira de eucalipto proveniente dos mais diversos sítios do território nacional, enquanto que 10% tem origem no hemisfério sul. No território nacional estima-se que a madeira de eucalipto tenha impacto em cerca de 20 000 proprietários.

Na figura 3.4, surge a confirmação do que foi dito anteriormente, isto é, a empresa abastece-se maioritariamente em fornecedores nacionais, sendo que quase metade dessa madeira é madeira certificada. Para além destes indicadores, a própria *Navigator* faz questão de salientar que 100% da área certificada de floresta é propriedade da empresa.

PRINCIPAIS INDICADORES		
	2014	2015
<b>CADEIA DE FORNECEDORES</b>		
Avaliação de sustentabilidade fornecedores relevantes, %	-	68
Fornecedores nacionais, proporção em volume de compras, %	75	74
Abastecimento madeira certificada, %	46	42
<b>FLORESTA</b>		
Área certificada sob gestão do Grupo, %	100	100
Plantação anual, ha	3 284	2 806

Figura 3.4 - Floresta e cadeia de fornecedores (adaptado de The Navigator Company, 2015).

Hoje em dia, a empresa possui quatro complexos industriais de grande importância em quatro municípios, abrangendo a totalidade do território nacional continental em termos de produção, distribuição e transporte de matéria-prima e de produtos acabados. Em conjunto, estas quatro unidades fabris conseguem produzir cerca de 2 milhões de toneladas de papel e 1,4 milhões de toneladas de pasta, empregando mais de 5 000 colaboradores de forma direta e cerca de 9000

postos de trabalho indireto nas regiões envolventes e mais de 30 000 postos de trabalho a nível nacional (Grupo Portucel ,2014b). Inclusive, 50% da energia de biomassa produzida em Portugal é produzida pela *Navigator*, o que se traduz em 5% de toda a energia elétrica produzida. Observando a figura abaixo (figura 3.5) consegue obter-se informação sobre o saldo energético anual em 2014 e 2015 (The-Navigator-Company @ 2017).

PRINCIPAIS INDICADORES		
	2014	2015
<b>OPERAÇÕES INDUSTRIAIS</b>		
Intensidade energética, GJ/t	12,8	12,0
Materiais renováveis consumidos, %	90,0	89,6
Utilização de água, m <sup>3</sup> /t produto	20,1	20,9
Emissões de CO <sub>2</sub> , t CO <sub>2</sub> /t produto	0,24	0,25

Figura 3.5 - Recursos energéticos e renováveis (adaptado de The Navigator Company, 2015).

### 3.4.1 Complexo Industrial de Setúbal

Em 1969 aparece a primeira fábrica de produção de celulose na região de Setúbal com uma capacidade de produção de 275 mil toneladas de papel distribuída por duas máquinas de produção.

Em Setúbal, a nova máquina de produção de papel começou a sua produção em 2009. Após todos os estudos e testes de viabilidade/produção feitos, sendo feito um investimento total de 600 milhões de euros o que permitiu a criação de 350 postos de trabalho diretos.

Posteriormente à junção da última máquina de produção de papel instalada neste complexo, a unidade fabril de Setúbal passou a ter uma capacidade anual de produção de cerca de 500 000 toneladas de pasta de papel e 775 000 toneladas de papéis finos de impressão e escrita (The-Navigator-Company @ 2017).

### 3.4.2 Complexo Industrial da Figueira da Foz

O complexo industrial situado na Figueira da Foz foi criado em 1984, começando a funcionar no ano de 1991. Este complexo tal como toda a indústria tem vindo a ser atualizada e modernizada de acordo com os novos desenvolvimentos tecnológicos do sector. Assim, esta fábrica de pasta de papel tem sido uma referência no contexto europeu a nível de produção de papel. O papel obtido no complexo industrial da Figueira da Foz é transformado em folhas principalmente para a indústria gráfica, mas também para escritório. (Grupo Portucel-Soporcel, 2013).

A capacidade de produção desta fábrica chega facilmente às 560 000 toneladas de pasta de eucalipto e 790 000 toneladas de papéis finos de impressão e escrita, em parte o grande sucesso

desta unidade fabril deve-se ao facto de existir uma grande quantidade de matéria-prima presente na região (The-Navigator-Company @ 2017).

### **3.4.3 Complexo Industrial de Cacia (Aveiro)**

Em Aveiro, o complexo industrial de produção de pasta de papel fica situado na vila de Cacia a cerca de 7 km de Aveiro, possuindo uma localização perfeita para o abastecimento de matéria-prima e escoamento dos produtos produzidos, já que fica à semelhança da unidade fabril da Figueira da Foz na maior mancha de eucaliptal de Portugal. Trata-se da mais antiga fábrica do grupo *Navigator* tendo começado a produzir em 1953.

Segundo os dados do Grupo Portucel-Soporcel, (2013) esta unidade fabril consegue produzir 353 000 toneladas de papel por ano, sendo que a maioria se destina à exportação. Parte da produção da fábrica tem como destino o sector dos papéis especiais: décor, filtros, cigarros e “tissues” de alta qualidade. Em 2009, o complexo industrial de Cacia assistiu ao seu aumento com uma nova central termoelétrica de biomassa, evitando assim a dependência dos combustíveis fósseis, bem como contribuindo para o fornecimento energético da região e do país.

A proximidade com o porto de Aveiro e a grande abundância de eucalipto na região faz com que a região do Baixo Vouga beneficie de um grande impacto económico, social e ambiental. Esta fábrica gera na região cerca de 1700 postos de trabalho, diretos e indiretos, gera cerca de 107 milhões de euros em exportações (2% do PIB regional) e ainda 288 gigawatts de energia elétrica, correspondente a 12% da produção nacional de biomassa (Grupo Portucel Soporcel, 2015a).

### **3.4.4 Complexo Industrial de Vila Velha de Ródão.**

Vila Velha de Ródão possui a mais recente fábrica da *Navigator*, tornando-se assim a mais eficiente fábrica “tissue” da Península Ibérica. Tal facto, deve-se à existência de um pipeline fabricado exclusivamente para o abastecimento da fábrica com matéria-prima, o que gera um maior aproveitamento económico, bem como ganhos a nível ambiental (The-Navigator-Company @ 2017).

Esta fábrica, sendo a mais moderna e sofisticada possui as mais modernas tecnologias disponíveis, tendo como equipamento principal duas máquinas de produção de papel, uma inaugurada em 2009 e a outra em 2015. Com estas duas máquinas a trabalhar em simultâneo, a produção ascende às 60 000 toneladas, que comparando com as restantes fábricas, é apenas uma ínfima parte da produção total da *Navigator*. Este novo complexo industrial resultou de um investimento de 39 milhões de euros e criou 70 postos de trabalho diretos (Grupo Portucel Soporcel, 2015b).

## 4 ESTUDO ESTATÍSTICO E TRATAMENTO DE DADOS

### 4.1 Dados sobre a Navigator

A obtenção dos dados de processamento de madeira é feita com recurso à informação disponibilizada pela *Navigator* (relativamente a 2016) onde podem ser consultados os relatórios de sustentabilidade anual da companhia, uma breve introdução e história de cada complexo industrial, bem como a capacidade de produção de cada unidade fabril em toneladas de papel. Como o estudo de caso aborda o aprovisionamento de uma empresa de celulose e os dados facultados são em toneladas de papel produzido, é necessário efetuar uma conversão de tonelada de papel para tonelada de madeira. Através de vários documentos consultados chega-se a um rácio de 1:2.5; ou seja, para o fabrico de uma tonelada de papel são necessárias 2.5 toneladas de madeira de eucalipto. No quadro 4.1 estão indicadas as proporções entre as toneladas de madeira e as toneladas de papel produzidas por cada fábrica, assim como o total produzido.

Quadro 4.1- Capacidade de produção de papel por fábrica e respetiva necessidade de madeira de eucalipto.

Fábricas Navigator	Localizações				Procura
	Aveiro	Figueira da Foz	Setúbal	Vila Velha de Rodão	Total
Capacidade (Ton. papel)	353 000	790 000	775 000	60 000	1 978 000
Capacidade (Ton. madeira)	882 500	1 975 000	1 937 500	150 000	4 945 000

Para analisar a produção e distribuição de eucaliptos no território nacional tentou recorrer-se aos dados da *Navigator* por ser a maior produtora de celulose a nível nacional e uma das maiores a nível internacional. No entanto, algumas partes do território nacional continental não se encontram representadas do ponto de vista da produtividade (AMA) como é visível na figura 3.1 do (capítulo 3). Assim, foi necessário reunir informações complementares recorrendo-se ao simulador da Celpa (Celpa-Associação Indústria Papeleira @ 2016) de modo a obter a produtividade em todas as regiões nacionais. De salientar que a produtividade é calculada segundo o acréscimo médio anual do volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha/ano (AMA).

### 4.2 Dados do ICNF - (FloreStat)

O Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) é um instituto público integrado na administração indireta do Estado Português com autonomia própria. A principal função do ICNF é a de acompanhar e assegurar que as regras e políticas relativas à conservação da natureza e florestas são aplicadas de acordo com o estipulado por lei. Para o caso do eucalipto apresentado nesta dissertação, a principal função do ICNF será valorizar a conservação da floresta já existente, na qual o eucalipto é uma das espécies dominantes, restringindo novas

plantações de eucaliptos, assegurar a gestão sustentável das plantações que já existem e promover e elaborar planos e ações junto das populações e entidades locais como as câmaras municipais (Ministério da Agricultura do Mar do Ambiente e do Ordenamento do Território Decreto-Lei n.º 135/2012).

*“O Inventário Florestal Nacional é um processo de natureza estatística e cartográfica, que tem por objetivo avaliar a abundância, estado e condição dos recursos florestais nacionais. No IFN, a produção de estatísticas baseia-se em processos de amostragem, os quais são realizados em diferentes etapas que compõem a tarefa global de Inventário.”* (ICNF @ 2010). De acordo com a definição de Inventário Nacional Florestal, este fornece toda a informação necessária para efetuar um estudo de análise estatística, estabelecendo a ligação entre matéria-prima disponível e as respetivas regiões administrativas (por exemplo, a nível municipal e de NUTS II e III).

Usou-se como referência para este estudo de caso o 5º IFN (Ferreira, 2005). Apesar de não ser o último realizado, é aquele que possui as estatísticas mais exatas e de acordo com as unidades territoriais pretendidas. Por motivos alheios à minha compreensão os resultados do 6º IFN (ICNF, 2013) não se encontram concluídos da mesma maneira que o 5º IFN apesar de serem mais recentes. O 6º IFN apresenta apenas resultados estatísticos gerais do território e fornece uma visão generalista do que se passa no território florestal nacional, o que não é o pretendido, uma vez que se pretende trabalhar com bases desagregadas ao nível dos municípios. No entanto é possível consultar o relatório provisório com dados preliminares no ICNF.

Associado ao 5º IFN existe um *software* de nome “FloreStat” em que se utilizam dados estatísticos para efetuar estudos detalhados do panorama nacional (pode ser consultado através do site do ICNF @ 2010). Este recurso informático permite analisar a estatística e cartografia, bem como a abundância, estado e condição dos recursos florestais em Portugal. Ao abrir o *software* é possível encontrar uma distribuição por temas: uso/ocupação do solo, estrutura dos povoamentos, produção florestal, condição dos povoamentos e outra por unidade territorial: Portugal Continental, NUTS II, NUTS III, regiões PROF e Municípios (ICNF @ 2010).

Para obtenção de dados estatísticos relativos ao estudo de caso, consideram-se relevantes as áreas de povoamentos florestais por espécie de árvore dominante (em hectares) tendo como unidade territorial o nível municipal. No caso desta dissertação a espécie de árvore dominante é obviamente, o eucalipto. De referir que estes dados estão sujeitos a uma margem de erro, uma vez que o processo de obtenção dos dados é feito através de aerofotografia e levantamentos de campo, o que em alguns casos pode ter algum desvio da realidade devido a erro humano, incêndios florestais recentes ou à impossibilidade de se conseguirem dados exatos em certos locais.



### 4.3 Estudo Estatístico Florestal

#### 4.3.1 Agregação de Municípios em Aglomerados.

De acordo com as “regras” para efetuar um estudo estatístico usando SIG, é necessário escolher a unidade territorial que se pretende para esse mesmo tratamento estatístico. Neste caso opta-se por estudar o território nacional através dos municípios. O atual território português continental, excluindo as ilhas, possui 278 municípios, sendo que para efeitos de simplificação de tratamento de dados do estudo de caso, opta-se por estudar aglomerados de municípios, ou seja dos 278 municípios passa-se a ter 69 aglomerados de municípios como representado na figura 4.1.

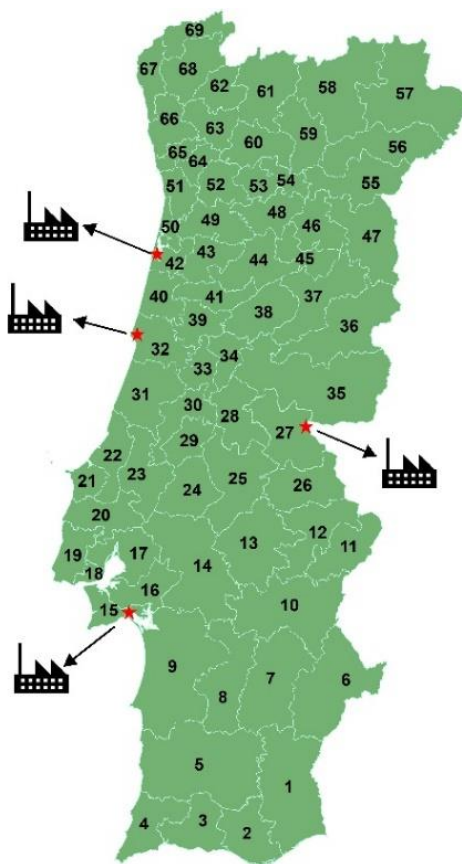


Figura 4.1- Divisão do território em aglomerados de municípios.

Após a agregação dos 278 municípios em 67 aglomerados de quatro municípios e dois aglomerados de cinco municípios, opta-se por começar de sul para norte, já que os municípios do Alentejo e Algarve possuem áreas de maiores dimensões e por isso distinguem-se mais facilmente uns dos outros. Ao invés o norte de Portugal possui mais municípios, mas de menores dimensões sendo por isso os seus aglomerados mais pequenos, requerendo maior

atenção na junção dos mesmos. Deste modo, tem-se os aglomerados de 1 a 69, sendo Vila Real de Santo António o aglomerado 1 e Caminha o aglomerado 69.

### 4.3.2 Estatística Eucaliptal

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) juntamente com a análise estatística florestal com base no 5º Inventário Florestal Nacional (Ferreira, 2005) e as folhas de cálculo disponibilizadas pelo “FloreStat”, permitem entender o panorama nacional através de um passado recente, já que o inventário 6º IFN (ICNF, 2013) ainda se encontra a decorrer e os dados disponibilizados são apenas preliminares.

Para proceder ao estudo estatístico propriamente dito recorre-se ao software ArcGIS (ESRI, 2010), uma ferramenta SIG em que é possível estudar um determinado país ou regiões administrativas com a unidade territorial pretendida. Após a introdução das respetivas “shapefiles” (designação dos ficheiros no software ArcGIS) é preciso compatibilizar o território em estudo com os dados estatísticos das folhas de cálculo, para assim se obter uma noção visual do que acontece no território.

Como exemplo de utilização conjunta das várias ferramentas, está representada na figura abaixo (figura 4.2) a percentagem de eucaliptos na floresta, ou seja, de toda a floresta existente nos vários aglomerados qual a percentagem em que a floresta é constituída por eucalipto.

$$\% \frac{Eucalipto}{Floresta} = Eucalipto (Ha) \div Floresta Total(Ha) \quad (1)$$

*Eucalipto* = Quantidade de hectares de eucalipto por aglomerado;

*Floresta total* = Quantidade de hectares de floresta (com todas as espécies) por aglomerado;

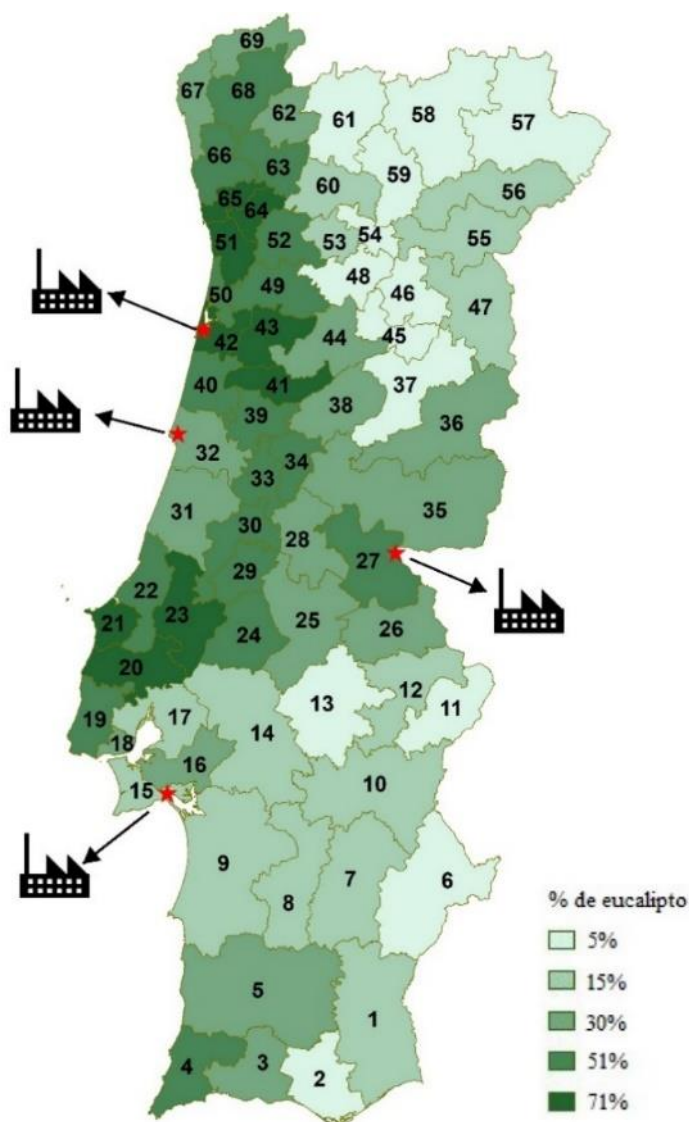


Figura 4.2- Percentagem de eucalipto por floresta no território nacional.

Estudando atentamente a figura 4.2 e de acordo com os dados do Anexo I, verifica-se que a percentagem de floresta de eucalipto perfaz em alguns grupos mais de 70% da floresta total do aglomerado, com especial incidência na região centro acima do rio Mondego (Aglomerados: 20; 21; 23; 41; 42; 43; 51; 64 e 65).

Como se observa também na figura ilustrada acima, as fábricas da *Navigator* encontram-se na sua maioria na região centro. Tal facto não é uma coincidência, mas sim fruto da proximidade das fábricas com os viveiros da empresa e das zonas com maior quantidade de pequenos produtores privados. A única exceção reside na fábrica de Setúbal, que, apesar de não se encontrar perto das grandes manchas florestais, assegura a produção na região sul de Portugal

e possui excelentes acessos marítimos, rodoviários e ferroviários que permitem quer a receção de matéria-prima quer o escoamento dos produtos finais.

#### **4.3.3 Distribuição Nacional de Eucalipto:**

Na distribuição de eucaliptos a nível nacional, opta-se por considerar então os dados do sector público (ICNF), usando os dados do “FloreStat”, já que é preciso analisar todo o território nacional. Neste software estatístico, que possui os 278 municípios de Portugal continental, é possível consultar a floresta total por município e a área desta que é constituída apenas por eucalipto. Recordar mais uma vez, que se trata de informação pública e por isso existem alguns erros associados, pois a forma como são obtidos os dados pode levar a erros (aerofotografia e levantamentos de campo). O “FloreStat” possui ainda informação sobre outras espécies arbóreas, no entanto estas não serão abordadas nesta dissertação, sendo apenas feitas referências a título de curiosidade.

De acordo com a figura 4.3, abaixo apresentada é possível observar onde se situam as maiores florestas e viveiros florestais de *Eucalyptus Globulus*. Os dados fornecidos pelo “FloreStat” são muito semelhantes aos visualizados no capítulo 3 (figura 3.1), o que permite concluir que existe uma concordância das várias partes acerca da localização das manchas florestais de eucalipto. Observando atentamente a figura, destaca-se a grande concentração de eucalipto nas regiões centro e norte litoral e alguma presença no sul litoral, sendo esta última menos expressiva que nas duas regiões anteriores. O facto de a espécie abundar predominantemente nas regiões centro e norte litoral deve-se em parte às condições climáticas mediterrânicas, aos níveis de precipitação dessas mesmas regiões e às boas características do eucalipto em adaptar-se. Nas regiões do interior é visível, tanto a norte como a sul que a proliferação desta espécie não é tão bem-sucedida (alguns aglomerados são exceção), devido a fatores históricos, incêndios ou simplesmente devido à falta das condições certas para a produção de eucalipto.

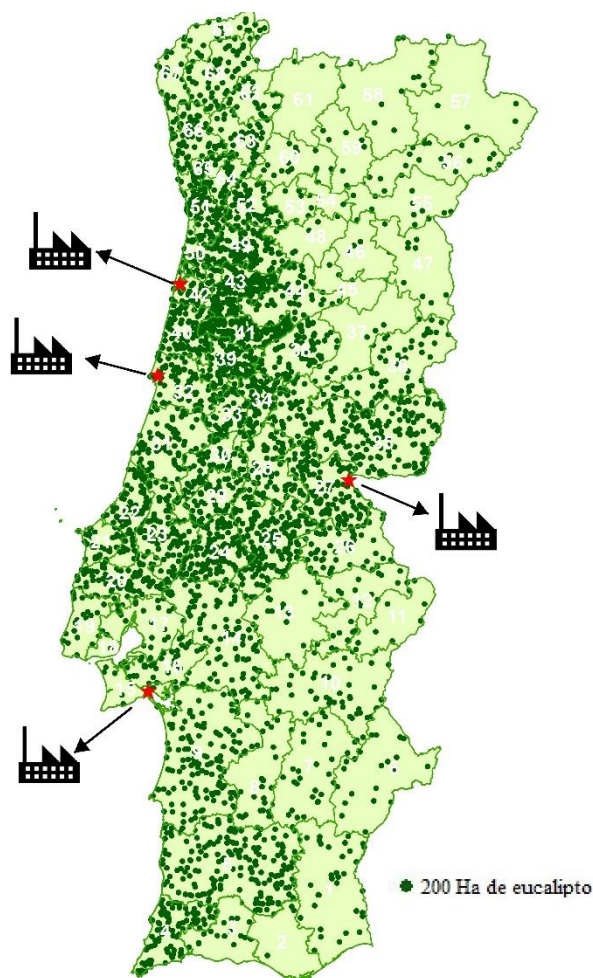


Figura 4.3- Distribuição nacional de eucalipto por aglomerados.

#### 4.3.4 Produção e Produtividade Nacional de Eucalipto

Sabe-se que a elevada qualidade da pasta de papel proveniente do eucalipto, assim como a facilidade em cultivá-lo são dois fatores que levam grandes e pequenos proprietários a investir na produção de eucalipto. Porém, esta intensificação de monoculturas tem levado ao desaparecimento de outras espécies em Portugal. Consultando a figura 4.4 abaixo representada, constata-se que tanto a região sul como a região interior do país são as regiões com menor produtividade entre 5,74 a 12,81 m<sup>3</sup>/ha/ano (nomeadamente os aglomerados 1 a 18; 26; 27; 35 a 38; 45 a 48; 55 a 61), ao invés das zonas a norte do rio Tejo e junto ao litoral nas regiões centro/norte onde a produtividade atinge os máximos AMA, cerca de 18,42 m<sup>3</sup>/ha/ano e onde a mancha florestal de eucalipto tem maiores expressividade (nomeadamente os aglomerados 19 a 25; 28 a 31; 32 a 34; 38 a 44; 48 a 54; 60; 62 a 69). Nestas regiões onde existe maior produtividade os valores de AMA variam entre os 12,81 e os 18,42 m<sup>3</sup>/ha/ano, o que traduz a enorme diferença entre o interior e o litoral de Portugal.

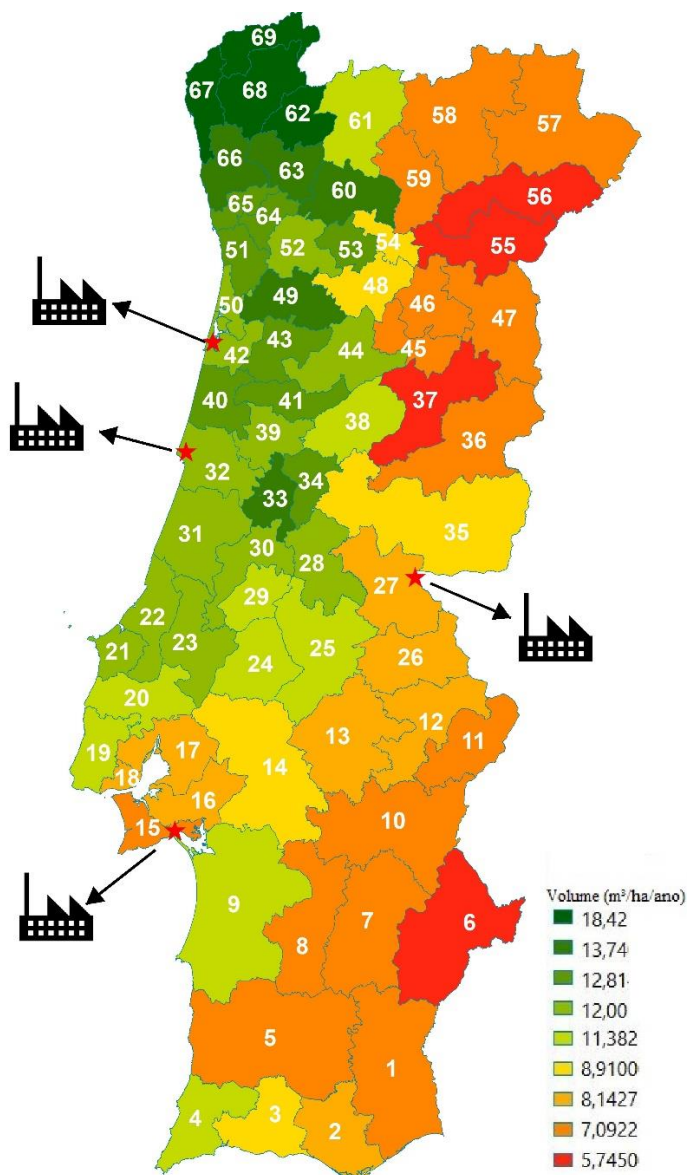


Figura 4.4- Produtividade nacional por aglomerado em AMA (m³/ha/ano).

Na figura 4.4 estão representados os valores de AMA em m³/ha/ano por aglomerado municipal, no entanto para efeitos de estudo, pretende-se trabalhar com valores da produção em toneladas (ton/ano). Deste modo, é necessário converter os metros cúbicos de madeira de eucalipto para tonelada recorrendo à densidade específica do *Eucalyptus Globulus*. Segundo Gominho *et al.* (2012), a densidade da espécie *Eucalyptus Globulus* varia entre 0,55 g/cm³ e 0,71 g/cm³, chegando-se ao valor de 0,63 g/cm³ ao fazer a média dos valores anteriores. Posto isto, com os dados fornecidos pelo “FloreStat”, procede-se a um conjunto de cálculos para efetuar a conversão de metros cúbicos para toneladas, através da equação 2.



$$\text{Conversão (m}^3 \rightarrow \text{ton)} = \text{Prod.} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{Ha}} \right) \times \text{Quant. (Ha)} \times d \text{ (g/m}^3\text{)} \quad (2)$$

*Prod.* = Produtividade de eucalipto por aglomerado em m<sup>3</sup>/ha/ano.

*Quant.* = Quantidade de hectares de eucalipto por aglomerado

*d* = Densidade específica do eucalipto em g/m<sup>3</sup>.

Após os cálculos e recorrendo, uma vez mais ao ArcGIS extraem-se os resultados da produção nacional em toneladas, de acordo com o número de hectares de eucalipto de cada aglomerado, originando a figura 4.5 onde podem ser observados os resultados obtidos.

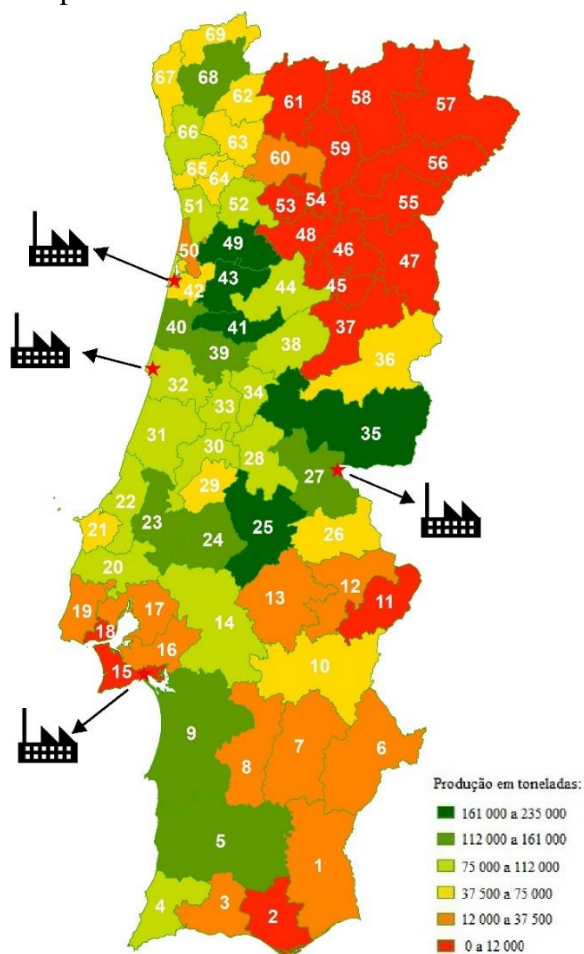


Figura 4.5- Produção nacional por aglomerado (ton/ano).

A produção associada a cada aglomerado depende da quantidade por hectare de eucalipto disponível na sua floresta, sendo visível na figura anterior (figura 4.5) que as regiões de Trás-os-Montes e Alto Douro, Beira Alta, Algarve e Alentejo (com exceção do Alentejo Litoral) são as regiões com menor produção. Por possuírem menos hectares de eucalipto e menor produtividade (AMA), estas regiões são, em comparação com as restantes, afetadas

negativamente no que diz respeito à quantidade de toneladas que conseguem produzir. Repare-se que em regiões do centro/norte litoral, bem como do Alentejo litoral a produção em toneladas atinge valores entre 112 000 a 235 000 toneladas, como é o caso dos aglomerados 25, 35, 41, 43 e 49, ao contrário do que acontece em aglomerados de baixa produção como os aglomerados 2, 11, 15, 18, 37, 45 a 48 e 53 a 61, situados tanto no norte como no sul de Portugal (sempre em regiões do interior), onde a produção atinge valores abaixo das 12 000 toneladas. Estes valores são observáveis e comparáveis no Anexo III, onde estão representados os valores da produção, quer em metro cúbico, quer em tonelada.

## 4.4 Transporte de madeira de eucalipto

### 4.4.1 Transporte Rodoviário (distâncias)

No sector das madeiras, nomeadamente em Portugal, o transporte rodoviário é sem dúvida o modo de transporte mais utilizado, em grande parte devido à grande beneficiação da rede rodoviária nacional ocorrida nos últimos 25 anos, que a fez apresentar todas as condições para efetuar as mais diferentes rotas no território nacional. Para a obtenção dos dados de transporte rodoviário, considerou-se que o transporte da madeira começa nas origens “X” (no “centróide” do aglomerado) e segue a rota com menores custos até ao destino “Y” (complexo industrial) e volta de novo para a sua origem “X”. Para obter essas distâncias foi utilizado o site Via Michelin @ 2017, considerando as rotas mais curtas entre os nós “X” e “Y” evitando autoestradas e portagens, ou seja, utilizando apenas as estradas nacionais (IC, IP e EN). Caso se utilizassem autoestradas existiriam acréscimos de custo, encarecendo assim o transporte da madeira.

É possível consultar as distâncias obtidas, consultando o anexo V. Consideraram-se 167 segmentos rodoviários possíveis (rotas) entre os nós (“centróide” de cada aglomerado). Na figura abaixo (figura 4.6) é possível observar o simulador utilizado no cálculo da distância entre Arouca (aglomerado 49) e Castro Daire (aglomerado 48).

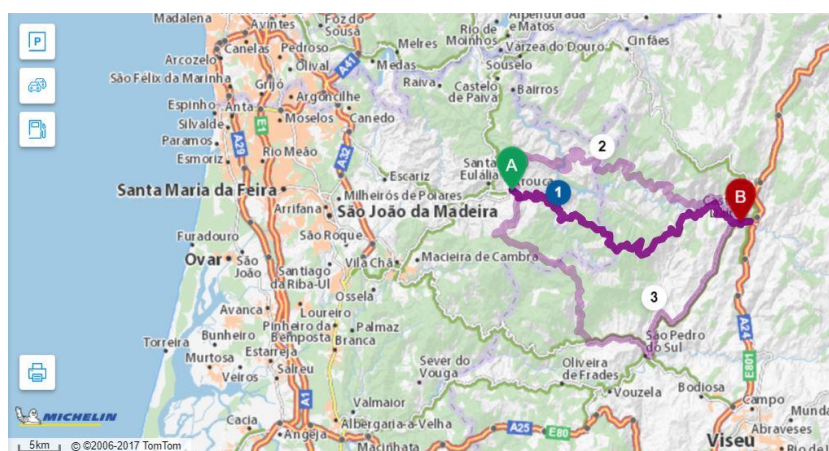


Figura 4.6- Simulador usado na obtenção de distâncias (Adaptado de Via Michelin @ 2017).



#### 4.4.2 Transporte Ferroviário (distâncias)

Atualmente, o transporte ferroviário nacional está a cargo da empresa pública Infraestruturas de Portugal S.A. (IP, S.A.) para todo o transporte ferroviário, quer de passageiros, quer de mercadorias, no entanto o transporte de carga é concessionado à empresa privada Medway-Logistics. Esta empresa, antigamente conhecida como CP Carga S.A. (CPC, S.A.) e integrante da IP, S.A. pertence à multinacional, Mediterranean Shipping Company S.A. (MSC, S.A.). Assim, todo o tráfego ferroviário para escoar as matérias-primas até aos complexos industriais, assim como os produtos finais até à fronteira ou locais de transbordo é assegurado pela Medway-Logistics (figura 4.7).

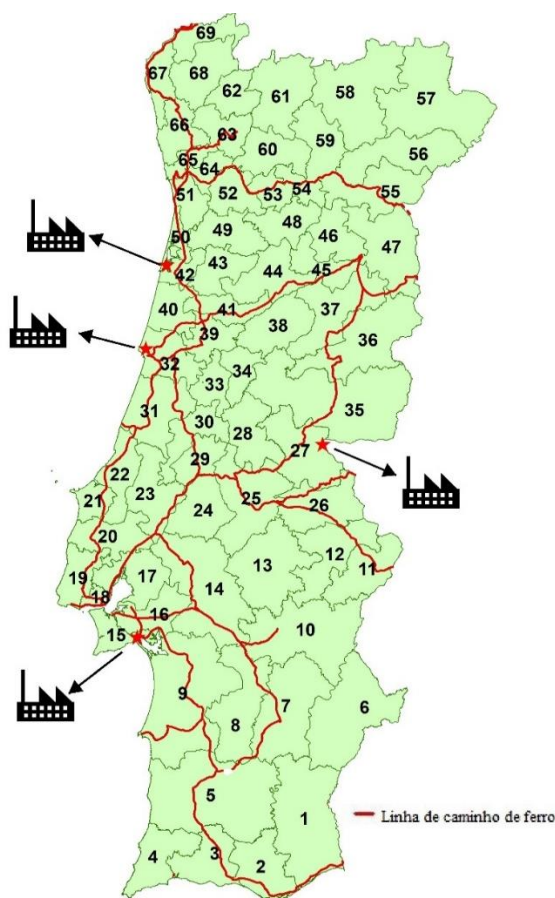


Figura 4.7- Rede ferroviária usada pela Medway-Logistics. (adaptado de Medway-logistics @ 2017)

A UE tem vindo a adotar políticas de favorecimento do transporte ferroviário em detrimento do transporte rodoviário, de modo a torná-lo mais competitivo. Portugal não é exceção, porém a rede ferroviária disponível, deixa muito a desejar quando comparada com quase todos os países da UE. No entanto, estão previstos investimentos neste sector para assim se acompanhar o crescimento europeu (Brito, 2017).

Para obter as distâncias entre os aglomerados que possuem ferrovia, houve a necessidade de se criar um mapa com as linhas de caminho de ferro utilizadas pela empresa Medway-Logistics, com recurso a softwares online (GoogleMaps @ 2017), onde é possível a criação de mapas e posteriormente medir a distância entre pontos por via férrea, e uma outra ferramenta online ([OpenRailWayMap @ 2017](#)) em que é possível visualizar todas as estações e linhas de caminho de ferro do país pretendido com o detalhe pretendido. No mapa criado, teve-se em conta as linhas existentes no sistema ferroviário nacional, o serviço efetuado pela M-L de acordo com a sua rede de transporte de carga, a proximidade das linhas aos “centróides” dos aglomerados e a proximidade das linhas aos complexos industriais de celulose da *Navigator*.

Posto isto, é possível obter as distâncias em quilómetros entre a origem da madeira e o seu destino final (complexos industriais de produção de celulose) por ferrovia. Estas distâncias constam do anexo VI. Na figura 4.8 é possível visualizar a rede ferroviária portuguesa na sua totalidade. Como se observa, algumas das linhas não são as mesmas referenciadas na rede ferroviária da M-L, umas vezes por se tratar de linhas apenas de transporte de passageiros, ou por não serem estrategicamente importante para o transporte de carga.



Figura 4.8- Mapa da rede ferroviária portuguesa (adaptado de IP @ 2017)

## 4.5 Custos

### 4.5.1 Custos de Transporte.

Os custos associados às operações de transporte de carga, neste caso com recurso a um sistema intermodal de transporte, estão associados a vários fatores, dos quais se destacam os seguintes: o tipo das operações efetuadas desde a origem até ao destino, a natureza e quantidade de carga, a existência barreiras físicas, tarifas e/ou portagens associadas e o preço dos combustíveis usados. Assim, é perfeitamente perceptível a volatilidade com que o sector dos transportes lida diariamente no que diz respeito a custos, o que pode fazer com que um certo produto aumente ou diminua de custo (Hummels, 2007).

No setor da madeira de eucalipto, a procura tem vindo a aumentar, e para dar resposta a esse aumento é necessário que as empresas produtoras de papel consigam suprimir as suas necessidades da melhor forma com um custo reduzido. Neste aspeto, as grandes empresas de celulose têm tomado medidas acertadas no que toca ao aprovisionamento das suas fábricas: em primeiro lugar, através da adoção de uma estratégia de intermodalidade, em que privilegiam o uso de vários meios de transporte para conseguir transportar mais rápido e mais barato a matéria-prima de que necessitam; em segundo lugar, pelo facto de terem sediado as fábricas em pontos estratégicos do país (próximo dos seus viveiros e de grandes manchas florestais). Por outro lado, mas não menos importante, a cotação e o custo dos combustíveis, que tem vindo a sofrer um decréscimo, permitiu uma diminuição dos custos de transporte.

### 4.5.2 Custos variáveis

Os custos variáveis associados ao transporte de mercadoria são neste contexto os custos que estão diretamente associados à distância. Ou seja, o custo de transporte entre um nó “X” e um nó “Y” para uma determinada rota terá um custo variável associado, proporcional a essa distância e ao meio de transporte utilizado para esse fim. Portanto, é expectável que os custos de uma mesma distância entre dois nós (“X” e “Y”) tenham um custo diferente quando associados a tipos de transporte diferentes, isto é, o custo de transportar um determinado produto em 100 km de ferrovia será totalmente diferente quando transportado nesses mesmos 100 km por rodovia. O mesmo pode ser dito quando um produto é transportado ao longo de 100 km por rodovia tem um determinado custo e quando é transportado ao longo de 200 km tem outro custo para esse mesmo tipo de transporte. No primeiro caso, varia o tipo de transporte numa mesma distância, enquanto no segundo varia a distância de apenas um tipo de transporte.

Ao fazer uma análise mais detalhada aos custos variáveis no cenário em que estão envolvidos dois tipos de transporte, pode comprovar-se o que foi dito anteriormente. Nos quadros 4.2 e 4.3 apresentam-se os custos do transporte rodoviário, segundo dados do ICNF. De salientar que estes são os custos para um camião de 25 toneladas numa viagem de ida e volta. Assim, calculando a soma de custos de transporte, representados nos quadros 4.2 e 4.3 e através da

divisão destes totais (€/ton) pela distância considerada de 100 km, efetuada num camião de 25 toneladas obteve-se o custo variável aproximado para cada um deles. Posto isto calculou-se a média entre os valores obtidos para cada um dos quadros para obter um valor final aproximado de 0.01 €/km para o transporte rodoviário.

Quadro 4.2- Custos do transporte rodoviário para distância inferior a 100 km (adaptado de ICNF@ 2010).

Tipo de operações		Custo mínimo (€)	
		€/ton	Condições
Transporte	Carga	1,30	Distância inferior a 100 km
	Descarga	1,00	
	Rodoviário	5,80	Parque pavimentado

Quadro 4.3- Custos do transporte rodoviário para distância superior a 100 km (adaptado de ICNF@ 2010).

Tipo de operações		Custo mínimo (€)	
		€/ton	Condições
Transporte	Carga	2,60	Distância superior a 100 km
	Descarga	2,00	
	Rodoviário	19,20	Parque pavimentado

Para o caso do transporte ferroviário, o ICNF não possui qualquer dado sobre o transporte de madeira. No entanto, face aos estudos já efetuados acerca de transportes de madeira e intermodalidade no transporte de carga é possível estimar que o custo de transporte de uma tonelada de madeira de eucalipto por comboio é cerca de 1/3 do custo do transporte rodoviário. Obviamente, isto deve-se às condições oferecidas pelo transporte por comboio, tais como o facto do comboio poder transportar 21 toneladas por vagão (Medway-Logistics@ 2017) e ter um número de vagões que faz com que, por exemplo um comboio com 20 vagões possa transportar até 420 toneladas de uma só vês. Sendo que o único inconveniente é a liberdade de movimento, uma vez que o transporte ferroviário é restringido à sua linha. Portanto, o custo de transportar uma tonelada de madeira por comboio será de 0,003 €/km para uma tonelada transportada.

Quadro 4.4- Custos estimados do transporte ferroviário.

Tipo de operações		Custo mínimo (€)	
		€/ton	Condições
Transporte	Ferroviário	-	Custos estimados em cerca de 1/3 do transporte rodoviário
		-	
		-	

### 4.5.3 Custos fixos

Custos fixos serão os custos estruturais de uma determinada operação na cadeia de transporte. Assim, podem definir-se como custos fixos ou estruturais os custos que não são influenciáveis

por fatores externos na cadeia de transporte e que, por isso são custos que não dependem por exemplo, da distância. É o caso dos custos associados à mudança de carga num posto intermediário num determinado nó que pode ser de origem ou destino.

Passando para um exemplo prático, nesta dissertação aborda-se esta situação na medida em que os dois tipos de transporte usados no transporte de madeira necessitam de um ponto de transbordo para compatibilizar a passagem da madeira do transporte rodoviário (camião) para o transporte ferroviário (comboio) ou vice-versa.

Por isso, e no âmbito de um cenário em que a intermodalidade assume um papel de destaque, o custo fixo de uma operação de transbordo assume um maior valor do que quando comparado com os valores associados a custos variáveis. Então estimou-se que o valor atribuído ao custo fixo de uma operação de transbordo de carga entre dois tipos de transporte (camião e comboio) seria de 0,1€/ton, o que representa um custo alto tendo em conta as operações que são feitas nestes transbordos.

## 5 MODELO DE OPTIMIZAÇÃO

### 5.1 Modelos de programação Linear.

No setor do transporte de madeira, a problemática geral mantém-se igual a qualquer outra mercadoria que necessite de ser transportada de uma origem “X” para um destino “Y”. Para isso existem modelos de programação linear, em que são elaboradas malhas constituídas por conjuntos de segmentos (ou arcos, ou eixos) e nós que se ligam entre si, formando uma rede.

Num mundo real, também os problemas são reais, como tal são requeridas expressões matemáticas, tais como funções objetivo e restrições, englobando parâmetros e variáveis de decisão que são a base de resolução do problema. Ou seja, os parâmetros fornecem os valores reais fixos do problema, enquanto as variáveis de decisão são as incógnitas que se querem calcular. Assim, para o cálculo de um determinado problema é necessário resolver um determinado modelo e as suas respetivas expressões matemáticas utilizando métodos de resolução, do qual se destaca para modelos lineares, o Método Simplex. Este método tem como principal função, encontrar o que se designa como solução ótima, ou seja, de todas as soluções encontradas, aquela que apresentar o custo mínimo será a solução do problema.

Existem vários tipos de modelos usados em programação linear, dos quais se destacam alguns dos mais conhecidos para resolução de problemáticas reais, como por exemplo, o Modelo do Caminho mais curto (Shortest Path), Modelo de Atribuição (Assignment), ou o Modelo de transporte (Transportation).

No entanto, para resolução deste estudo de caso aplicado ao transporte de madeira de eucalipto, escolheu-se usar um modelo de fluxos do custo mínimo, com vista a determinar os fluxos de uma rede pelo qual o transporte efetuado terá o menor custo associado. Assim, o objetivo principal de resolução usando este modelo será efetuar uma análise de custos para otimizar a melhor maneira de transportar madeira, utilizando mais que um tipo de transporte, beneficiando do conceito de intermodalidade.

### 5.2 Fluxo do Custo Mínimo- Problemática Real.

Fluxo do custo mínimo (FCM) tem como objetivo principal a minimização dos custos de transporte, como o próprio nome indica. No entanto, a criação de uma rede de transporte com fornecedores e fábricas é indispensável à resolução do modelo. Para que essa rede tome forma são necessárias ligações entre os nós da rede (uma ligação para cada tipo de transporte a ser usado, caso exista essa possibilidade), construção de segmentos de transbordo entre diferentes

tipos de transporte (caso existam), definir a quantidade a ser transportada de  $i$  para  $j$ , definir a quantidade a ser transportada na origem ( $i$ ) e definir a quantidade a ser recebida no destino ( $j$ ) (Van Roy & Kahn, 2006). Desta maneira, para conseguir ter uma rede de transporte, há que começar pela constituição de um grafo, com os necessários atributos, em que a formação deste deve-se à elaboração de uma malha constituída por um conjunto de nós e segmentos interligados entre si. Após formação de um grafo, tem-se a atribuição de fluxos aos diferentes segmentos, obtendo-se uma rede. Esta rede formada com base nas ofertas e nas procuras de cada nó é essencialmente o ilustrado na figura 5.1, ou seja, a existência de cinco origens e dois destinos com determinados valores de oferta e procura respetivamente, quando estes são atribuídos a um determinado segmento, passam a ser chamados de fluxos de transporte. Assim, estes fluxos seguem de nó em nó através dos segmentos, optando por aqueles que constituem a maior vantagem em termos de custo até atingirem o nó de procura, sempre de acordo com o equilíbrio na rede, entre os valores de oferta e de procura.

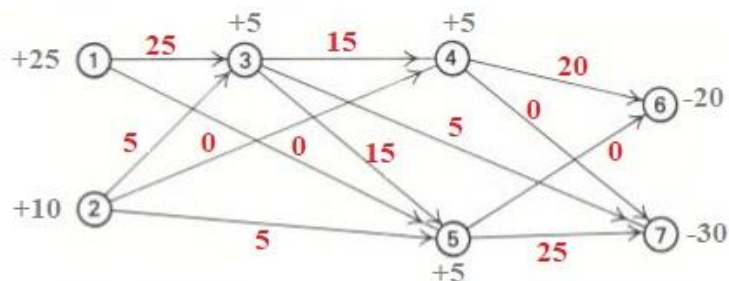


Figura 5.1-Solução de uma rede de transporte com os seus fluxos (adaptado de Bradley *et al*, 1977).

Num modelo matemático, para além do seu objetivo principal e da sua constituição física, como foi descrito anteriormente, é necessário também utilizar uma notação a fim de formular o modelo. Assim e com base nesta notação são diferenciados três componentes do modelo de otimização:

1) Conjuntos:

$N$  – Conjunto dos aglomerados municipais; Conjunto das fábricas da *Navigator*;

2) Parâmetros:

Dados – Quantidades de madeira; Distância ferroviária; Distância rodoviária; Custos Variáveis; Custos fixos;

3) Variáveis de decisão:

Incógnita –  $X_{ij}$  – Fluxo de madeira de eucalipto transportada por segmento entre  $i$  e  $j$ ;

No caso da formulação, é necessário ter em conta todas as condições e pressupostos para o bom funcionamento do modelo, quando aplicado a um determinado cenário, por isso é enumerado abaixo um conjunto de condições para esse mesmo bom funcionamento. Veja-se então que:

- Como os aglomerados possuem vários municípios cada, o “território fictício” não possui uma sede administrativa, entenda-se uma “capital” do aglomerado, assim é necessário atribuir uma, para isso houve alguns critérios na atribuição do “centróide” do aglomerado. No Anexo II pode obter-se a correspondência entre os números atribuídos
  - Primeiro decidiu-se que os municípios no qual se situavam os complexos industriais de fabrico de celulose seriam os “centróides” dos respectivos aglomerados, uma vez que possuem acesso quer por ferrovia e rodovia e representam o local de destino da matéria-prima;
  - O segundo critério privilegia o acesso por comboio, ou seja, dos municípios constituintes de um aglomerado, o “centróide” do aglomerado será o município servido por caminho de ferro ou, caso haja mais do que um município com acesso por ferrovia, aquele que se situa mais próximo das linhas de transporte de carga da empresa Medway- Logistics (subcapítulo 4.4.2);
  - O terceiro critério é a área de eucalipto por município, sendo “centróide” do aglomerado o município que não tendo acesso por ferrovia possua maior área florestal de eucalipto;
  - Almeida (Aglomerado 47) e Sines (Aglomerado 9) são exceções devido, respetivamente, à entrada de Vilar Formoso e à ligação com Espanha por ferrovia, e ao porto de Sines e às suas características de ponto de transbordo intermodal de mercadorias;
- I. Para formação da rede, foram precisas cerca de 167 ligações rodoviárias, 55 ligações ferroviárias e dependendo do cenário em questão, ligações de transbordo. Estas ligações visam estabelecer a conexão entre os nós rodoviários e os nós ferroviários, sejam eles de origens ou destinos.
  - II. O modelo apresentado traduz o transporte, quantidades e custos num único ano de acordo com a informação obtida nas diferentes fontes;
  - III. O modelo aplica-se a todo o território nacional continental de Portugal;
  - IV. As origens ( $O_i$ ) são o conjunto de municípios agregados, formando um aglomerado de municípios;
  - V. As rotas entre as origens ( $O_i$ ) e os destinos ( $D_j$ ) são consideradas acessíveis todo o ano;
  - VI. Para as rotas efetuadas, considera-se viagens de ida e volta (*distância*  $\times$  2);
  - VII. São considerados dois modos de transporte que podem atuar independentes ou em simultâneo (intermodalidade);
  - VIII. Os custos de transporte são efetuados de acordo com o modo de transporte utilizado;
  - IX. Constituição de um “aglomerado 70”, fictício, dado que procura da matéria-prima é diferente da oferta, levou à necessidade de se acrescentar uma origem fictícia a fim de equilibrar o modelo;



- X. A nova origem fictícia situa-se no país vizinho, Espanha, com “centroide” em Salamanca;
- XI. Os custos de transporte associados à origem fictícia são zero, uma vez que não existem no caso real;
- XII. A quantidade de madeira de eucalipto associada à origem fictícia é de 211 365 toneladas de madeira de eucalipto;
- XIII. Não são tidos em conta neste modelo, a qualidade das estradas e ferrovias; manutenção ou reparos; tempos de carga e descarga; tempos de percurso; limitações das vias rodoviárias e ferroviárias.

### 5.3 Formulação do Modelo

Para o caso particular em estudo, o modelo formulado foi o seguinte:

Função objetivo:

$$\text{Minimizar: } Z = \sum_{(i,j) \in A} C_{ij} \times X_{ij} \quad (3)$$

Sujeito às seguintes condições:

$$\sum_{j:(i,j) \in A} X_{ij} - \sum_{j:(i,j) \in A} X_{ji} = b_i; \quad \text{onde } \forall i \in N \quad (4)$$

$$X_{ij} > l_{ij}; \quad \text{onde } \forall (i,j) \in A \quad (5)$$

Em que:

$$X_{ij} \in R_0^+, \quad \forall (i,j) \in A \quad (6)$$

Onde:

$Z$  = Custo mínimo total do transporte de madeira de eucalipto, em euros (€);

$C_{ij}$  = Custo mínimo do transporte por segmento entre a origem ( $i$ ) e o destino ( $j$ ), em euros/tonelada (€/ton);

$X_{ij}$  = Fluxo de madeira de eucalipto transportada por segmento entre uma origem ( $i$ ) e um destino ( $j$ ), em toneladas (ton);

$l_{ij}$  = Limite inferior dos fluxos entre ( $i$ ) e ( $j$ ), neste caso será 0;

$b_i$  = Fluxo de oferta e procura associados a um nó de origem ( $i$ ), em que:  $b_i > 0$  será uma origem e  $b_i < 0$  um destino.

Após constituição dos diferentes componentes necessários à formulação matemática do modelo e com a apresentação da notação, pode agora apresentar-se as funções e restrições:

- Função Objetivo (3);
- Restrições (4), (5);

A função objetivo (3), sendo aquela que define a solução ótima, é neste caso a função que permite calcular o fluxo de custo mínimo de transporte de uma determinada quantidade de madeira ( $X_{ij}$ ) em função da soma dos custos (custos fixos mais custos variáveis,  $C_{ij}$ ) para uma determinada rota entre a origem ( $i$ ) e o destino ( $j$ ). Sendo que  $Z$  é a variável objetivo.

A restrição (4) indica que o somatório de fluxos de transporte de uma origem ( $i$ ) para um destino ( $j$ ) subtraída pelo somatório de fluxos de um destino ( $j$ ) para uma origem ( $i$ ) será igual ao fluxo de oferta e procura associados a um nó de origem ( $b_i$ ).

A restrição (5) determina que no modelo qualquer valor referente a fluxos de transporte de madeira, vindos de uma origem ( $i$ ) para um destino ( $j$ ), tem sempre um valor superior a zero, sendo zero o valor do limite inferior ( $l_{ij}$ ).

Atribuindo valores reais para o modelo matemático em causa, tem-se os seguintes valores: 70 origens; quatro destinos; 4 945 000 toneladas de madeira; dois modos de transporte. Importa ainda referir que o modelo está em equilíbrio de acordo com a oferta e a procura de madeira de eucalipto.

## 6 APLICAÇÃO DO MODELO: TRANSPORTE DE MADEIRA PARA FÁBRICAS DE CELULOSE

O presente estudo de caso aborda um cenário hipotético no aprovisionamento de fábricas de celulose com recurso a madeira de eucalipto, para assim obter a solução de transporte com um custo mínimo utilizando um sistema intermodal, nomeadamente as rotas efetuadas desde os principais pontos de oferta de madeira de eucalipto até aos seus destinos, minimizando o custo do transporte, estudando alternativas a um cenário baseado na atual rede de transportes portuguesa, para assim propor soluções futuras. Para isso, é necessário recorrer a um modelo matemático e introduzir o mesmo num software de otimização. Através da utilização de programação linear é possível obter um conjunto de resultados e tirar as conclusões necessárias acerca de alterações ou inovações no que diz respeito por exemplo, a estações de transbordo intermodal, relações distância-custo ou até mesmo a indicação de implementação de novas fábricas.

De acordo, com o estudo estatístico anteriormente realizado, observou-se que os valores da produção em toneladas são diferentes para diferentes aglomerados, então optou-se por uniformizar o território nacional com recurso a uma distribuição proporcional num cenário hipotético de distribuição eucaliptal. Ou seja, através da superfície territorial de cada um dos aglomerados ( $km^2$ ) (PORDATA @ 2017), da quantidade total de toneladas de eucalipto produzidas e da superfície total do país (consultar Anexo III e IV), obtém-se a equação 7:

$$Dist. Prop. = \frac{Quant. (ton)}{Sup. Total (Km^2)} \times Sup. Aglomerado (Km^2) \quad (7)$$

*Quant.* = Quantidade total de eucalipto em toneladas de cada aglomerado;

*Sup. Total* = Superfície territorial em  $km^2$ , de todos os aglomerados;

*Sup. Aglomerado* = Superfície territorial, em  $km^2$ , de cada aglomerado individual;

Com esta nova distribuição da produção em toneladas de eucalipto pelos aglomerados municipais, observa-se uma mudança significativa, onde anteriormente existia um contraste entre pouca produção e muita produção. Na figura 6.1 constata-se isso mesmo: que os aglomerados com grande produção e menor dimensão territorial possuem menos toneladas de madeira de eucalipto e ao invés disso onde antes existia escassez de produção, mas dimensões territoriais maiores, existe agora maior quantidade de eucalipto.

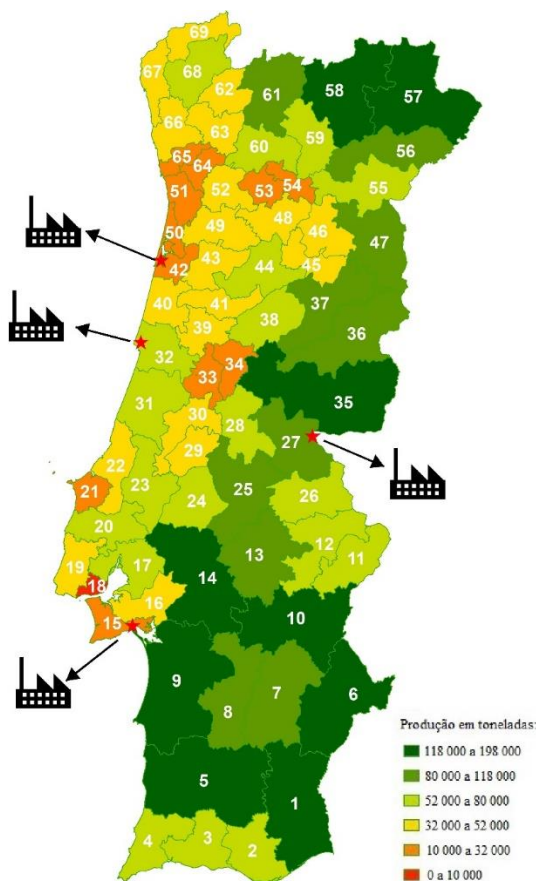


Figura 6.1- Distribuição proporcional da produção anual total pelos aglomerados (em ton/ano)

## 6.1 FICO® Xpress Optimization: Input e Output

De uma maneira geral, para resolver modelos com a dimensão daqueles que representam o problema em estudo, com uma grande quantidade de variáveis, funções e restrições, há que recorrer a softwares de otimização. FICO Xpress é o software utilizado para este desígnio. Primeiramente, o modelo descrito no capítulo 5, subcapítulo 5.3, é introduzido no software, assim como os dados numéricos contendo a informação necessária para se obterem os resultados pretendidos.

Assim, estimaram-se os valores da quantidade produzida em toneladas por aglomerado, sendo que foi feita uma distribuição proporcional dessas mesmas toneladas. Aos “centroides” dos aglomerados foram associadas coordenadas geográficas, conseguidas através do GoogleMaps@2017, permitindo ter uma ideia gráfica do panorama real no contexto deste estudo de caso. Na figura 6.2 abaixo, é possível visualizar o resultado gráfico do transporte de madeira de eucalipto. A região sul do país destaca-se, pois, por ter menos segmentos é mais fácil a percepção de como ocorre a otimização de transporte neste software. Nas etiquetas a amarelo é possível visualizar a quantidade produzida por um determinado aglomerado (oferta),

nas etiquetas a branco a quantidade transportada nos segmentos (sendo que os segmentos a vermelho representam o fluxo de madeira transportada), nas etiquetas verdes a quantidade requerida na fábrica (procura) e nos segmentos a preto as rotas não utilizadas pelo modelo.

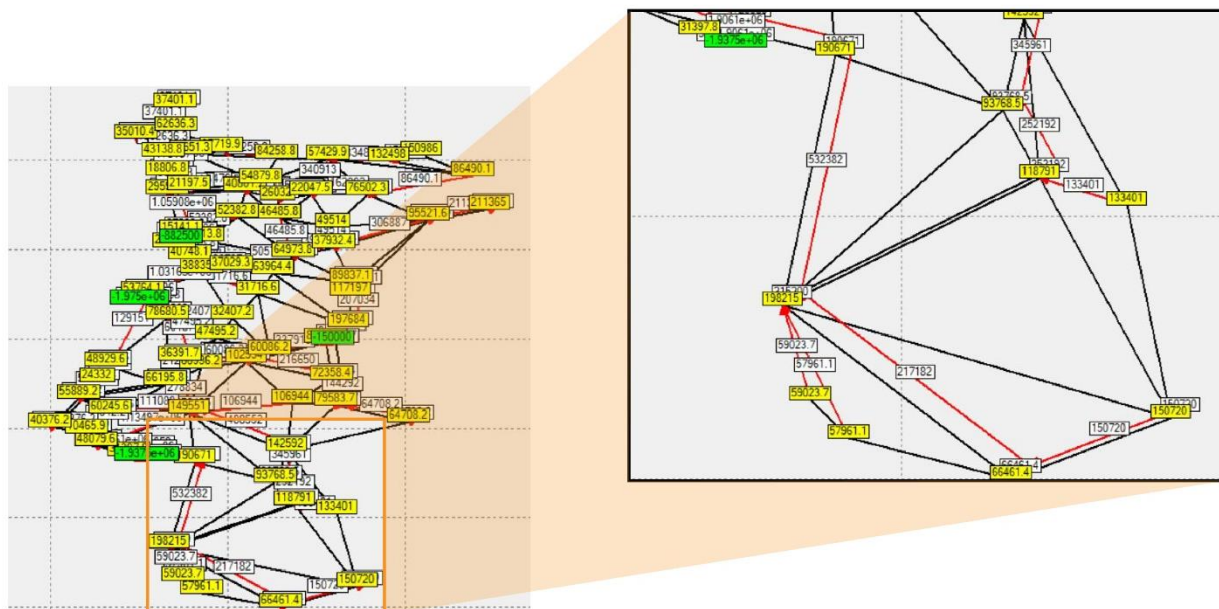


Figura 6.2- Representação gráfica no software FICO Xpress.

De salientar que a distinção entre segmentos rodoviários e ferroviários no software, é feita com atribuição de um número par para um nó ferroviário e um número ímpar para um nó rodoviário. Desta maneira, é possível saber quando se trata de uma rota ferroviária, uma rota rodoviária ou um ponto de transbordo, pois quando um número par coincide com um número ímpar tem-se então uma estação intermodal. Esta foi a forma que se encontrou para conseguir extrair o “output” de resultados com maior facilidade. A título de exemplo dá-se o aglomerado 14, em que para o seu nó ferroviário o número atribuído foi o “28” e para o seu nó rodoviário o número “27”, quando existe um fluxo de transporte entre “27” e “28” está-se na presença de uma estação intermodal. Ainda no que diz respeito aos segmentos traçados, estes possuem os custos unitários de acordo com as distâncias e os custos variáveis obtidas no capítulo 4 e presentes nos anexos V e VI.

### 6.1.1 Resultados da modelação

Quando se executa “run” no modelo no FICO Xpress, obtém a solução otimizada para os dados inseridos. Nos subcapítulos 6.2, 6.3 e 6.4 que aparecerão posteriormente, será dado um especial enfoque nos resultados alcançados e feita uma análise desses mesmos resultados. Assim, para compilar todas as possibilidades e retribuir apenas aquela que é considerada ótima, o software analisa (explícita ou implicitamente) todas as rotas possíveis, de acordo com os custos unitários de cada uma delas, sejam ferroviários ou rodoviários e traça o perfil mais otimizado possível

entre “X” e “Y”, tendo assim o custo mínimo de transportar todas as toneladas de madeira para toda a correspondente procura das fábricas. Os resultados de uma modelação como esta vão depender de diversas condicionantes, como, por exemplo, alterações de custos em determinados locais, possibilidade de transbordos noutros locais, aumento de custos significativos em determinados segmentos, ou simplesmente a inexistência de custos em alguns segmentos.

### 6.1.2 Compatibilização com SIG

Como foi apresentado na figura 6.2, a interface, ou se se preferir, a área de interação do software FICO Xpress, não é de todo a mais simples de ser analisada visualmente, uma vez que possui uma quantidade de segmentos e nós que se sobrepõem podendo levar a uma má interpretação dos resultados. No entanto, o software fornece uma lista de cálculo com os fluxos de transporte entre aglomerados, de acordo com os custos sendo possível compatibilizar esta informação com um software SIG. Para o estudo de caso foram traçados mapas no ArcGIS com os aglomerados e as rotas possíveis entre eles, (rotas essas obtidas no capítulo 4, de acordo com o descrito no subcapítulo 4.3.6 para rotas rodoviárias e 4.3.7 para rotas ferroviárias), facilitando assim a visualização e análise da representação de fluxos entre origens e destinos. Veja-se a figura 6.3 que mostra essa mesma rede de transportes representada no software ArcGIS e a sua equivalência no software de programação linear.

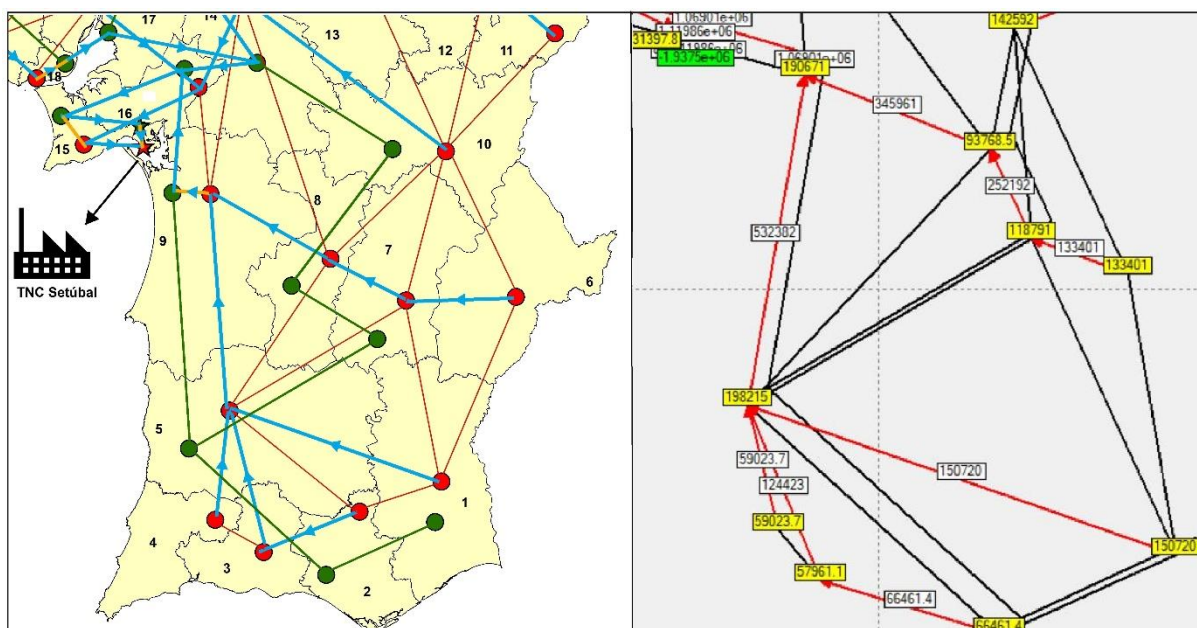


Figura 6.3- Compatibilização gráfica entre FICO Xpress (à direita) e ArcGIS (à esquerda).

Face à clareza da representação dos resultados com recurso a ferramentas SIG, nos próximos subcapítulos a informação gráfica referente aos resultados “output” do software FICO Xpress será apresentada com base nestas ferramentas SIG (figura 6.3 à esquerda). Convém ainda referir que os nós inseridos no ArcGIS, não possuem as coordenadas geográficas dos respetivos

“centróides” dos aglomerados, encontrando-se apenas nos mapas de ArcGIS como representação visual.

## 6.2 Cenário 1: Rede Intermodal atual.

Nos dias de hoje, o panorama do transporte de madeira de eucalipto prende-se com alguns problemas, dos quais se destaca a fraca rede ferroviária e consequentemente a dependência da rede rodoviária em larga escala. Contudo esse cenário pode vir a sofrer algumas alterações se assim forem feitos os investimentos necessários. No presente estudo de caso, o aprovisionamento de madeira de eucalipto nas quatro fábricas da *Navigator*, depara-se com o elevado custo a que está sujeito uma vez que são “reféns” da pouca intermodalidade e adaptação do país para esse mesmo fim. Assim, recorrendo-se à formulação matemática do modelo exposto no subcapítulo 5.3 entendeu-se que seria do interesse da *Navigator* ter o menor custo possível no transporte de 4 945 000 toneladas de madeira provenientes de vários pontos do país para as suas quatro fábricas, tentando conjugar o transporte rodoviário com o transporte ferroviário. Na figura 6.4 pode observar-se a rede de transportes obtida para este estudo de caso.

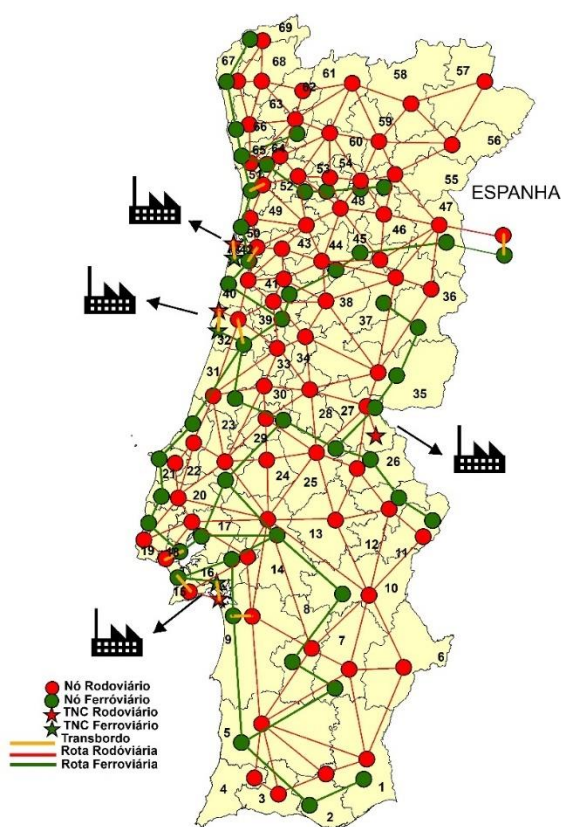


Figura 6.4- Rede de transportes intermodal atual capaz de aprovisionar as fábricas da Navigator.



Analisando a figura em questão, constata-se que os aglomerados onde é possível existir um transbordo de carga são diminutos. Dado esse facto, considerou-se que para além das fábricas do grupo *Navigator* (com exceção da fábrica de Vila Velha de Ródão que é aprovionada exclusivamente por camião), que estão preparadas para receber este tipo de matéria-prima, também os portos nacionais, Sines (Aglomerado 9), Porto-Leixões (Aglomerado 51), Setúbal (Aglomerado 15), Lisboa (Aglomerado 18), Figueira da Foz (Aglomerado 32) e Aveiro (Aglomerado 42) estarão aptos a uma possível intermodalidade, já que lidam com vários tipos de cargas diariamente e são “porta de entrada” de milhares de toneladas de produtos e matérias-primas que chegam a Portugal por navio e assim entram no mercado nacional e europeu. De salientar ainda que algum do aprovisionamento real de madeira de eucalipto da empresa *Navigator* acontece por navio, nomeadamente importação de aparas de madeira que chegam aos principais portos portugueses. No entanto, para o presente estudo de caso não se considerou o transporte marítimo pelo que toda a madeira importada no cenário em causa é proveniente de Espanha.

Assim, assumindo um custo fixo onde existe a possibilidade de transbordo, tal como custos variáveis para as várias rotas usadas alcançou-se o objetivo do problema, o custo mínimo associado ao fluxo de transporte. Sendo este custo de 16 440 200 euros. No anexo VII poderá consultar-se as rotas seguidas por cada fluxo de transporte, assim como a quantidade de cada fluxo entre aglomerados. Atentando à figura abaixo, figura 6.5 constata-se esses mesmos fluxos de transporte que permitiram alcançar o valor acima mencionado.

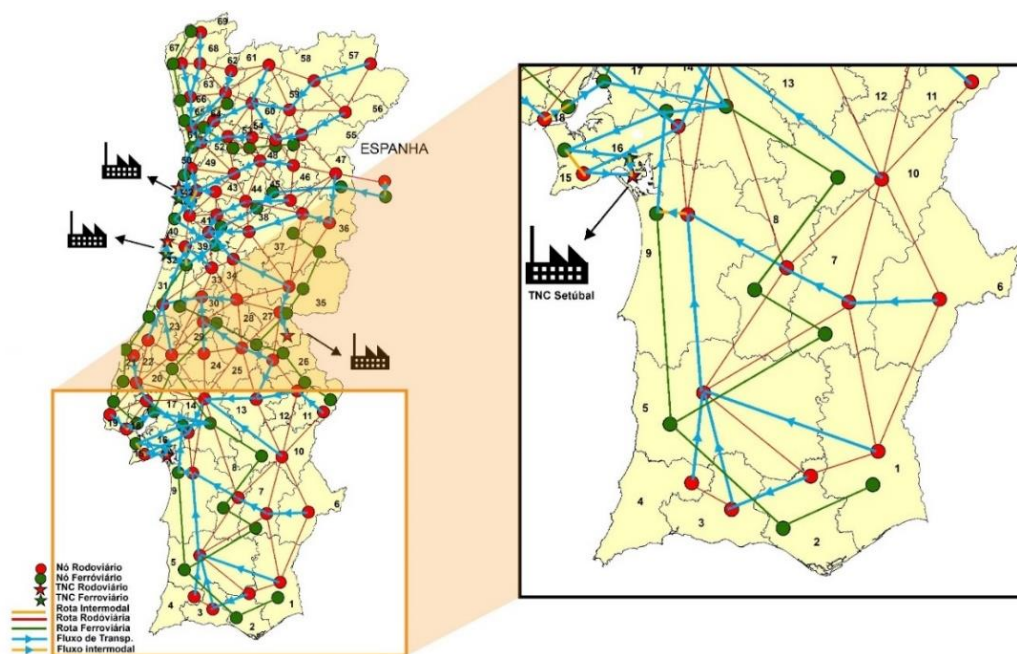


Figura 6.5- Rede de fluxos de transporte para o cenário 1, com especial enfoque na região sul de Portugal e fábrica de Setúbal.



Com especial destaque para a parte sul do país, aglomerados 1 a 21 e parte do aglomerado 26 satisfazem inteiramente a procura na fábrica de Setúbal. Existe claramente um conjunto de fluxos que utiliza apenas o transporte rodoviário, em parte devido ao facto de nesses aglomerados não existirem pontos de transbordo, acrescentando assim o custo da operação, tal deve-se também à fraca rede ferroviária no sul do país. De referir que os “centroides” onde é possível o transbordo na região sul são o aglomerado 9 e aglomerado 15, já que a linha do Sul percorre estes aglomerados, facilitando o processo de transbordo da madeira de eucalipto proveniente do Sul com destino à fábrica de Setúbal.

No que diz respeito à parte centro/norte do país e por aí estarem duas das quatro fábricas da *Navigator*, a atribuição de fluxos tem por base as regiões de maior produção. Contudo, neste cenário hipotético a grande produção situa-se no interior e a sul do rio Tejo, assim como nas regiões da beira Alta, Beira Baixa e Trás-os-Montes, o que faz com que a fábrica de Vila velha de Ródão (aglomerado 27) seja abastecida por apenas dois aglomerados (aglomerado 27 e parte do aglomerado 35) dada a sua proximidade com os aglomerados de maior produção do interior do país. Assim, e sem que sejam precisas grandes operações de aprovisionamento no restante território a proximidade destes aglomerados e a pouca procura de madeira de eucalipto quando comparada com as outras fábricas, torna o processo de abastecimento nesta fábrica relativamente fácil. Ao observar a figura 6.6 depara-se com duas das três fábricas das regiões centro/norte, no anexo VII é possível consultar os fluxos de transporte associados a cada aglomerado, assim como o tipo de transporte usado.

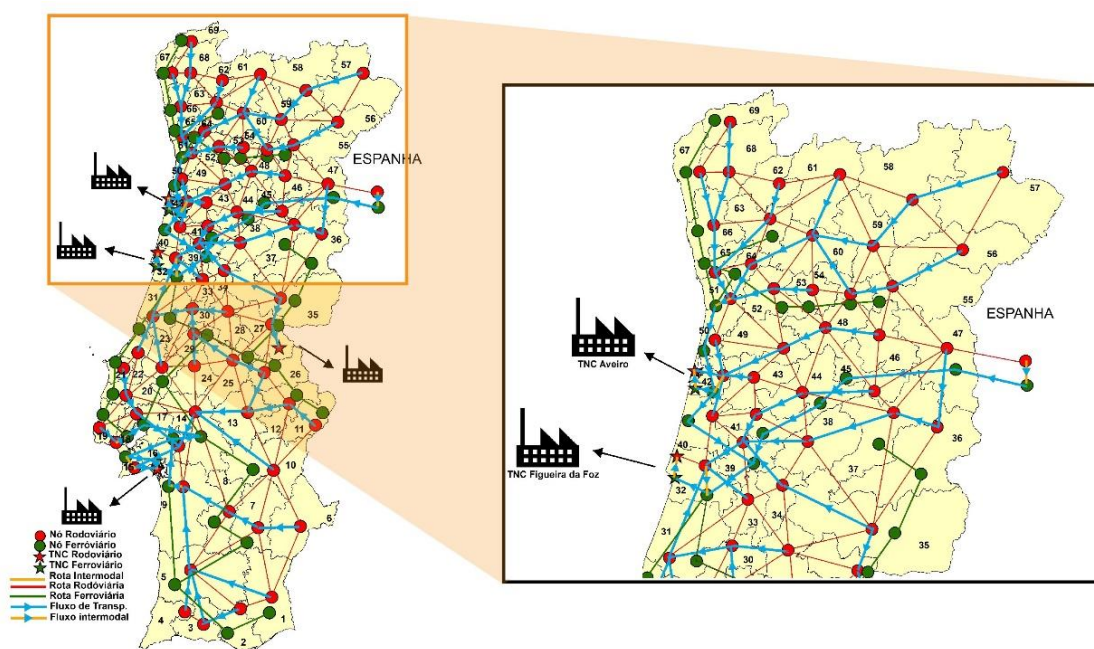


Figura 6.6- Rede de fluxos de transporte para o cenário 1, com especial enfoque nas regiões centro/norte de Portugal nas fábricas de Aveiro e Figueira da Foz.

Existem regiões de grande produção que por se situarem a maiores distâncias das fábricas optam pelo uso da intermodalidade para assim diminuir os custos de aprovisionamento. Como tal, e tendo em conta que neste cenário hipotético as grandes manchas florestais situam-se no interior do país, o transporte da madeira necessário para aprovisionar a fábrica de Aveiro provém essencialmente da região de Trás-os-Montes e Minho (Aglomerados 55, 56, 57, 58, 61), sendo que apenas uma parte desta madeira tem destino à fábrica da Figueira da Foz, a maior consumidora de madeira de eucalipto da região centro. Assim, a madeira proveniente de Espanha associada aos restantes aglomerados de maior produção da região centro (Aglomerados 35, 36, 37, 47) em conjugação com as linhas da Beira Alta e as estradas aí existentes, conseguem satisfazer quase na totalidade a procura na fábrica da Figueira da Foz. No entanto não é suficiente e por isso esta fábrica conta também com algum aprovisionamento de aglomerados de menor produção a sul do aglomerado 32. De acordo com o presente cenário, e com os dados apresentados no Anexo VII constata-se que grande parte do aprovisionamento é feito com recurso ao transporte rodoviário, nomeadamente 80.72 %, sendo os restantes 19.27% transportados por comboio, sendo estes dados referentes ao aprovisionamento das quatro fábricas por todo o território nacional.

Há claramente uma relação muito próxima com a infraestrutura ferroviária portuguesa, uma vez que grande parte dos fluxos da região norte do país opta pelas linhas do Douro (aglomerados 51, 64, 52, 53, 54, 48, 55), a linha da Beira Alta (aglomerados 39, 41, 44, 45, 46, 47) e linha do Norte (aglomerados 23, 29, 31, 32, 39, 40, 42, 50, 51) satisfazendo a procura das fábricas e transportando maiores quantidades através de maiores distâncias a custo mais baixo, ao invés do transporte por camião. De acordo com a presente rede de transportes, até mesmo quando a linha ferroviária não existe em certos aglomerados, a própria otimização do problema assume que um determinado fluxo use a rota rodoviária menos dispendiosa, procurando o ponto de transbordo mais próximo, diminuindo assim os custos mínimos do fluxo de transporte.

### **6.3 Cenários possíveis.**

Tratando-se de um estudo de caso com infinitas possibilidades, aproveita-se a oportunidade para explorar todas as potencialidades de resolução do problema. Para isso estuda-se também a possibilidade de um aprovisionamento de madeira de eucalipto exclusivamente por transporte rodoviário, assim como um outro caso de aprovisionamento caso existisse um local de transbordo em cada aglomerado. Sendo cenários hipotéticos em que a sua realização de um ponto de vista prático, possa ser mais complicada, ainda assim a título de comparação é importante analisar as diferenças entre eles, pois o que estará em causa será o impacto económico de uma rede intermodal ou a falta dela em larga escala. Assim analisando os fluxos de aprovisionamento adotados por cada uma delas e em comparação com a atual rede de

aprovisionamento em Portugal é possível tirar ilações acerca de uma possível proposta futura, não tendo só em conta a rede em si, mas também as diferenças de custos entre elas.

### 6.3.1 Cenário 2: Rede exclusivamente rodoviária.

No estudo de caso apresentado, a falta de uma rede intermodal num país como Portugal é um factor crucial para graves perdas económicas, falta de investimento e estagnação comercial. Assim, é crucial compreender de que maneira uma rede de transportes unimodal condiciona o transporte de matérias-primas, neste caso o aprovisionamento de fábricas de celulose com madeira de eucalipto. Veja-se então a figura 6.7, o esquema representativo de uma rede apenas rodoviária, em que não existe o recurso ao caminho de ferro para transporte de madeira.

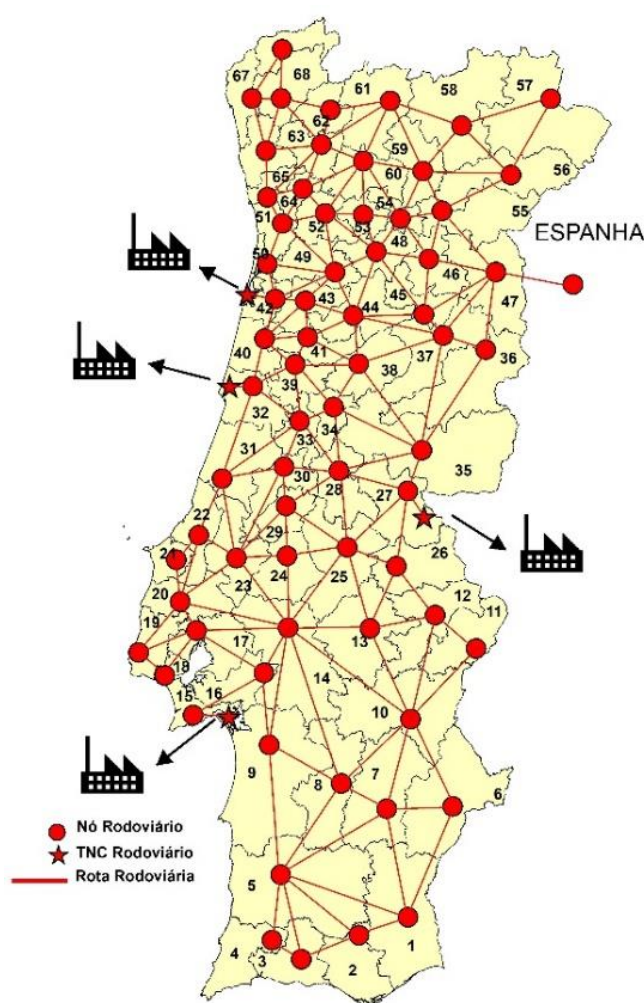


Figura 6.7 Rede de aprovisionamento de madeira de eucalipto exclusivamente rodoviária.

Perante tal cenário e de acordo com os dados do anexo VIII, começa-se logo por constatar que o valor do custo de transporte para um problema desse género situa-se nos 20 565 000 euros, o que representa um acréscimo de 25,1 % face aos 16 440 200 euros de custo mínimo apresentado

no cenário 1, presente no subcapítulo 6.2. Entenda-se que apesar da rede ser totalmente acessível entre todos os aglomerados, o custo associado às suas rotas tem um peso muito superior quando comparado com um problema em que é possível associar dois tipos de transporte, pois o transporte ferroviário permite transportar grandes quantidades a um custo inferior, recorde-se que o custo do transporte ferroviário é 1/3 do transporte rodoviário. Este cenário ilustra bem como uma rede intermodal é determinante no crescimento económico e físico de uma empresa multinacional de transformação de madeira em celulose. O facto de aqui não se apresentar uma alternativa ao modo de transporte rodoviário, e o facto de este cenário ser 100% transporte rodoviário, condiciona e muito, o custo mínimo final de transporte da matéria-prima desde as suas origens até aos seus destinos.

Na figura 6.8 podem visualizar-se os fluxos de transporte associados a este cenário exclusivo de transporte rodoviário.

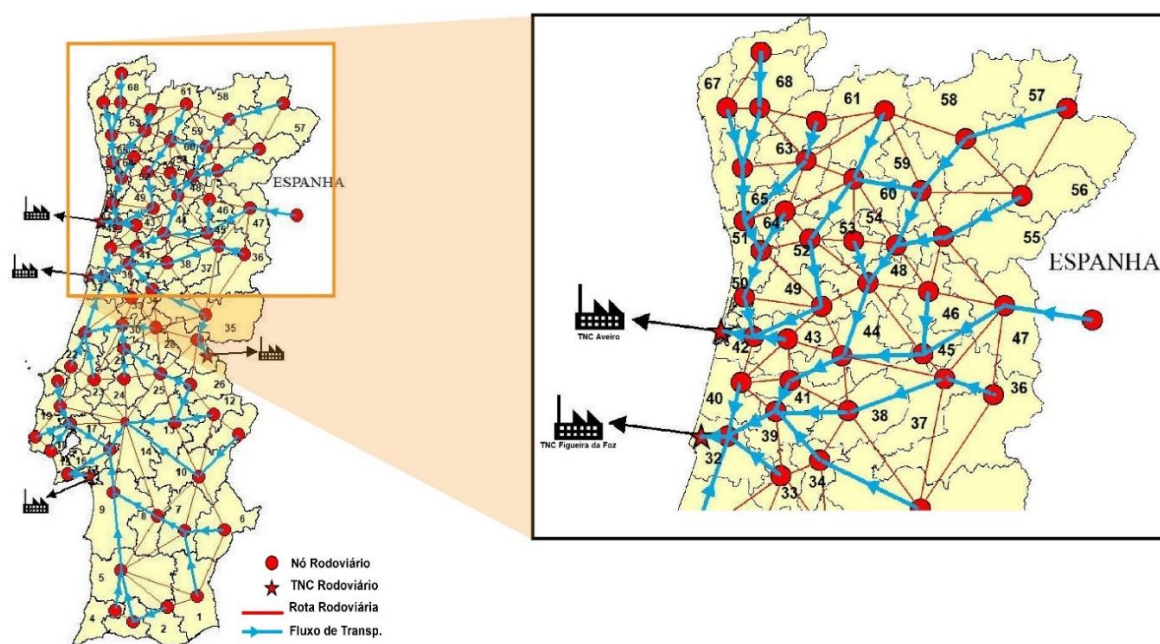


Figura 6.8- Rede de fluxos de aprovisionamento numa rede unimodal, com especial destaque para as regiões centro/norte de Portugal.

Na figura acima pode-se constatar com maior exatidão a parte norte de Portugal, com especial destaque na região acima do rio Mondego. Nesta região, em que a produção de eucalipto é menor junto ao litoral quando comparada com o interior e sul do país, existe um terreno mais acidentado e montanhoso. Desta perspetiva as ligações rodoviárias conseguem um maior aproveitamento da zona envolvente, uma vez que qualquer aglomerado pode ser acessível aos restantes aglomerados vizinhos por vias rodoviárias. Tanto a fábrica da *Navigator* de Aveiro (aglomerado 42) como a fábrica da Figueira da Foz (Aglomerado 32) são extremamente



dependentes de grandes quantidades de madeira, como tal a sua necessidade de mais madeira poderá ser satisfeita através da importação de Espanha, bem como de todo o fornecimento da região centro/norte, nomeadamente os aglomerados 42, 43, 49 a 52, 57 a 69 para a fábrica de Aveiro, e dos aglomerados 22 a 26, 28 a 41, 44 a 48, 53 a 56 e parte dos aglomerados 35 e 60 para a fábrica da Figueira da Foz. Neste aspeto relativo à importação, a semelhança ao cenário 1 mantêm-se. A intermodalidade é cada vez mais um fator crucial de desenvolvimento pelo que este cenário traria mais desvantagens que vantagens.

### 6.3.2 Cenário 3: Rede intermodal com transbordo geral

Um cenário diferente do transporte unimodal é o caso em que o transbordo é possível em todos os aglomerados. Quer isto dizer que em qualquer local do território, a madeira de eucalipto pode ser transportada desde a origem até ao destino pelo modo de transporte mais barato disponível. Na figura 6.9 tem-se a representação da rede em que todos os aglomerados possuem estações de transbordo de madeira de eucalipto.

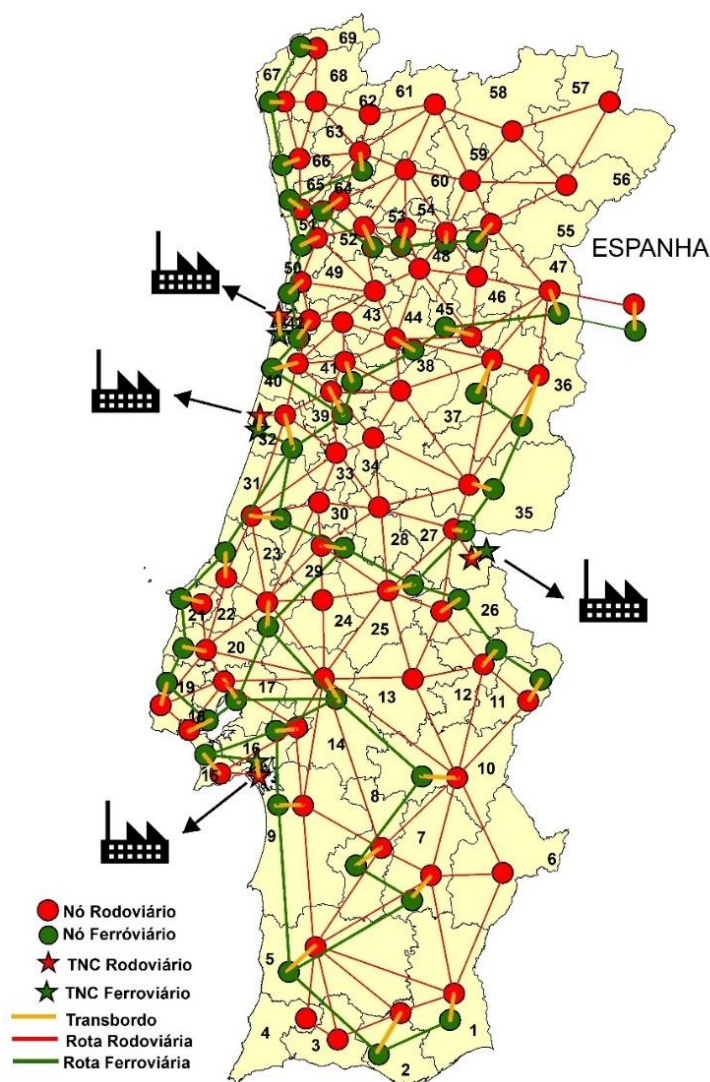


Figura 6.9- Rede de aprovisionamento de madeira de eucalipto com possibilidade de transbordo em qualquer ponto do território nacional.

Quando todos os aglomerados possuem estações de transbordo, há um acréscimo de custos numa fase da operação de transporte, assim como um decréscimo numa outra fase. As fases referidas aqui, são a fase de transbordo e fase de transporte (origem-destino), na primeira tem-se um aumento de custos referentes às operações especializadas que acarretam várias dificuldades, bem como mão de obra especializada, enquanto que a fase de transportes representa o decréscimo dos custos. Quer isto dizer, que apesar do facto de se ter um custo fixo por estação intermodal de 0,1 €/ton, a passagem de matéria-prima de um transporte com um custo superior para um custo inferior, representa uma diminuição do custo de transporte ao longo do restante percurso até atingir as fábricas. Esta hipótese torna-se a mais rentável de todas quando é possível realizar o aprovisionamento das fábricas quase diretamente utilizando rotas ferroviárias como modo de transporte mais barato. Segundo este cenário, após introdução dos respetivos segmentos de transbordo no software FICO Xpress, consegue-se obter um valor de 9 408 030 €. Na figura 6.10, observam-se os fluxos otimizados de maneira a ter o mínimo custo possível utilizando os locais de transbordo à disposição. Como parte do estudo em questão, é possível analisar no Anexo IX quais as rotas seguidas pelos determinados fluxos e quais as quantidades de madeira transportada entre aglomerados com recurso a determinado modo de transporte.

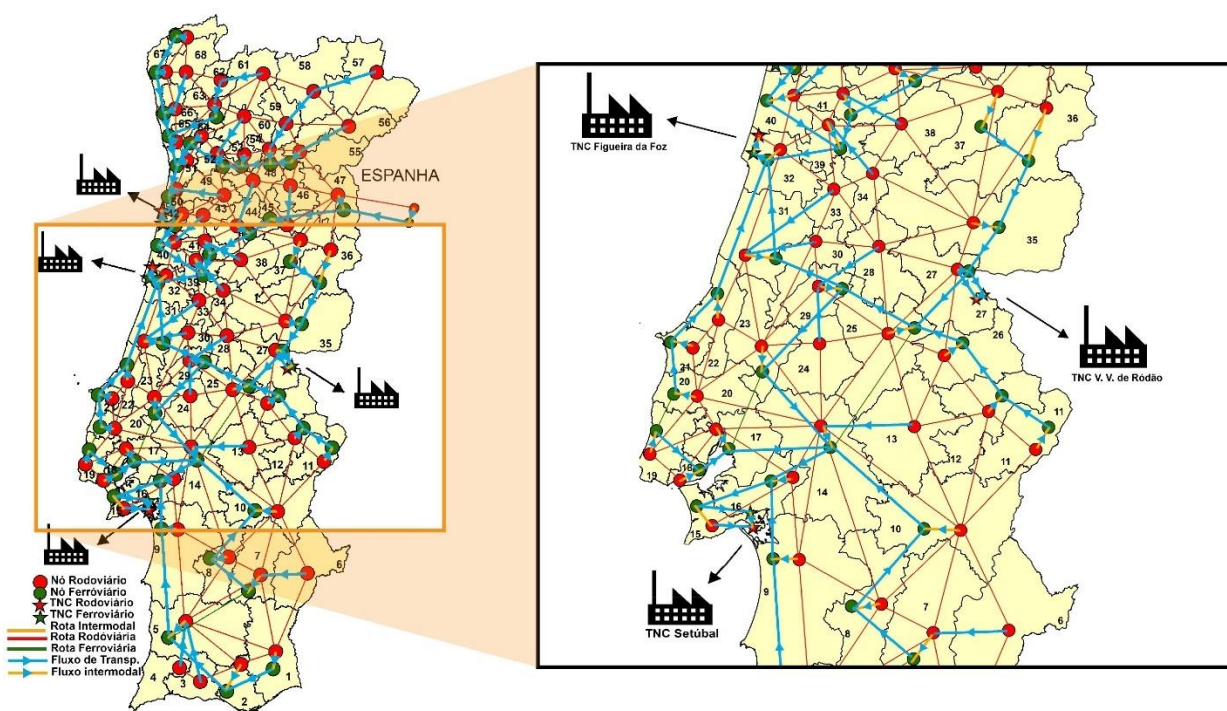


Figura 6.10- Rede de fluxos de aprovisionamento numa rede intermodal com especial destaque para as regiões centro/sul de Portugal.

Na figura 6.10 dá-se maior destaque às regiões centro/sul, sendo a região sul aquela que maiores quantidades de madeira eucalipto possui, é possível observar que muitos dos fluxos de transporte são transportados desde a sua origem, por caminho de ferro. Nas três fábricas representadas (aglomerado 27, 32 e 42) todo o seu aprovisionamento é feito quase totalmente através de ferrovia, tendo um transbordo em cada “centróide” do aglomerado e sendo feito um outro transbordo final na fábrica respetiva. Neste cenário para além dos “tradicionais” transbordos nas fábricas da *Navigator* da Figueira da Foz e de Aveiro, agora na fábrica de Vila Velha de Ródão também existe a possibilidade de o aprovisionamento ocorrer por comboio, o que não acontecia nos cenários anteriores.

Assim, o facto de a intermodalidade estar acessível em qualquer aglomerado no país faz com que se assista a um decréscimo de custo de 42,77 % face ao cenário 1. Isto é, assiste-se a uma poupança financeira de cerca 7 032 170 euros no transporte da totalidade das toneladas de madeira.

No que diz respeito aos modos de transporte, este cenário depara-se com uma percentagem elevada de transporte ferroviário, cerca de 65.38 % do transporte total, restando apenas 34.62% para o transporte rodoviário. O facto de se puder transportar maior quantidade de madeira de eucalipto através de um meio de transporte mais rentável, faz com que o custo mínimo seja realmente mínimo quando comparado com outro cenário. Assim, constata-se que apesar dos custos diminuírem consideravelmente, não é rentável nem exequível do ponto vista estratégico e financeiro construir um ponto de transbordo em todos os aglomerados, já que existem aglomerados onde há uma convergência estratégica, quer de mercadorias, quer de modos de transporte diferentes.

#### **6.4 Cenário 4: Proposta Futura.**

Após a análise dos três cenários acima descritos nos subcapítulos anteriores, assim como a comparação dos resultados dos diferentes cenários, segue-se um último cenário com uma proposta de melhoria da rede intermodal existente em Portugal. Pretende-se com isto, construir uma visão melhorada da rede existente, justificando um maior investimento do que já existe, bem como atrair novos investidores, expandindo o crescimento no sector da celulose, assim como a economia regional e nacional. Na figura abaixo, figura 6.11 pode observar-se a rede intermodal portuguesa proposta, de acordo com os resultados da aplicação do modelo e com as novas estações intermodais para assim maximizar o aprovisionamento de madeira de eucalipto com custos mínimos.

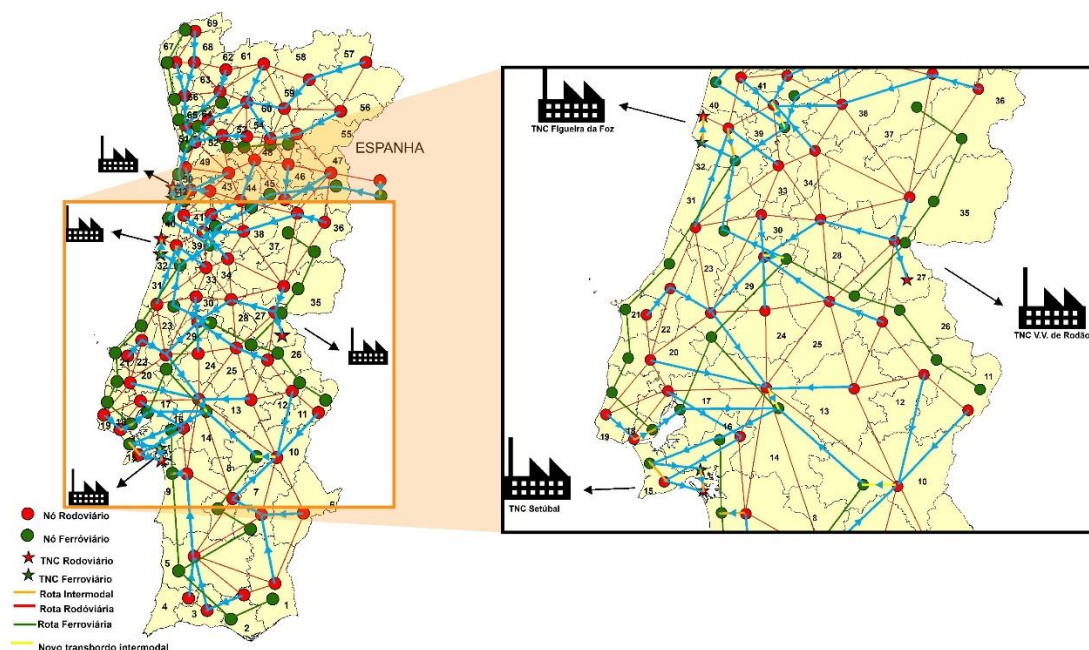


Figura 6.11- Solução proposta da rede de aprovisionamento de madeira de eucalipto com destaque para as novas estações de transbordo.

Deste modo, o cenário proposto passa pela introdução de quatro novas estações intermodais em pontos estratégicos do país, que segundo o modelo introduzido e a sua otimização, oferecem as melhores condições para diminuir o custo mínimo quando comparado ao cenário 1, a rede intermodal atual. Assim, os aglomerados que surgem como alternativa e reforço da rede intermodal portuguesa face ao transporte de madeira de eucalipto são divididos em dois tipos, o aglomerado 10 e 14 na região sul e o aglomerado 29 e 39 nas regiões centro/norte:

- Aglomerado 10:** Este aglomerado funciona como principal catalisador de madeira na região sul interior, a região com maior produção, (com exceção da madeira proveniente do Algarve que utiliza a linha do Sul para o aprovisionamento). Possivelmente este aglomerado poderá também funcionar como ponto de transbordo para mais importações de madeira de eucalipto vindas de Espanha, nomeadamente no aglomerado 11 onde se encontra a ligação Elvas-Badajoz. A possibilidade de transbordo no Alto Alentejo faz com que o aprovisionamento da fábrica de Setúbal com 1 937 500 de toneladas de madeira se torne mais fácil, uma vez que o aglomerado 10 surge como ponto de convergência de transportes e permite escoar grandes quantidades de madeira presentes nesta região do interior. Com este transbordo, a madeira ali concentrada vinda de vários aglomerados com elevada produção é escoada totalmente por caminho de ferro até à fábrica de Setúbal, diminuindo assim o custo do seu transporte.



- **Aglomerado 14:** Situado na região do Ribatejo, este transbordo intermodal possui características estratégicas relevantes para a rede intermodal portuguesa, nomeadamente por ser um ponto de aproximação entre os portos de Setúbal (Aglomerado 15), o porto de Lisboa (Aglomerado 18), e uma vez que possui ligação ferroviária, com o porto de Sines (Aglomerado 9). Para além destes fatores possui ainda ligação ferroviária com a linha do Alentejo. Desta perspetiva e relativamente ao setor da celulose, este aglomerado é um ponto de convergência grandes quantidades de madeira provenientes do interior do Alentejo e do Ribatejo, bem como dos aglomerados 17 a 23, destinando-se grande parte da sua madeira à fábrica de Setúbal. À semelhança do que acontece no aglomerado 10, os custos de transportes das grandes quantidades de madeira transportadas naquelas zonas baixam consideravelmente.
- **Aglomerado 29:** Após análise de várias localizações na região centro, concluiu-se que o aglomerado 29 tem condições num futuro próximo para atuar como uma das principais zonas de transbordo intermodal de Portugal, diminuindo os custos de transporte para o aprovisionamento das fábricas da *Navigator*, especialmente nas três fábricas do centro/norte. Observe-se que o aglomerado 29 representa a junção de três linhas ferroviárias, a linha da Beira Baixa conecta-se com a Linha do Leste, fazendo do aglomerado 29, um ponto de convergência entre a Linha do Norte e as duas linhas anteriormente referidas. De salientar que no aglomerado 27, onde se situa a fábrica de Vila Velha de Ródão não existe a possibilidade de transbordo, uma vez que todo o aprovisionamento é feito através de camião e por isso o caminho de ferro não possui relevância estratégica nesta fábrica.
- **Aglomerado 39:** Situado em plena região centro perto do litoral e sendo esta uma região de baixa produção de madeira, esta é uma localização essencial no que diz respeito à proximidade com as fábricas da *Navigator*, quer da Figueira da Foz, quer da fábrica de Aveiro. Consta-se então, que este aglomerado é dos pontos de maior afluência de madeira e por isso justifica-se uma nova estação intermodal capaz de transbordar maiores quantidades de madeira vindas de aglomerados do interior. A convergência das linhas do Norte com as linhas da Beira Alta, assim como a ligação ao norte do país onde a rede intermodal é escassa, uma vez que existe apenas a possibilidade de transbordo no aglomerado 51 (Porto-Leixões), faz com que toda a região norte esteja “refém” do transporte rodoviário, no que toca ao aprovisionamento da madeira. A construção de um novo nó intermodal de transbordo poderá aproximar Portugal de Espanha (Aglomerado 47), bem como redefinir o aprovisionamento das fábricas da *Navigator* no litoral. Veja-se que estas duas fábricas requerem 2 857 500 toneladas de madeira de eucalipto o que perfaz 57.78% do total de madeira requerida pela *Navigator*. Deste modo, a proximidade do caminho de ferro com regiões de grande produção, e a facilidade de

transbordo, bem como o aumento da quantidade transportada, faz deste aglomerado o principal ponto de transbordo a investir.

Sendo a atual rede intermodal portuguesa “escassa” e face ao fluxo de madeira de eucalipto que circula no país, atentou-se aos principais aglomerados onde convergem os fluxos de transporte. Nestes aglomerados observa-se que o transbordo ocorre sempre, do modo rodoviário para o modo ferroviário, face aos custos associados a cada modo de transporte. Este cenário traduz-se em 75.29% dos transportes a ocorrerem por rodovia e 24.71% por ferrovia. Assim, é expectável que com um novo investimento em novas estações intermodais em pontos estratégicos, para além do aumento do volume de madeira possível de ser transportada, possa assistir-se a uma poupança de 3 322 600 euros face ao caso apresentado no cenário 1. Desta maneira, a construção de quatro novos pontos de transbordo em zonas estratégicas permitirá à *Navigator* uma poupança nos custos de transporte de 20.21%. Em comparação com o cenário 1, assiste-se a um aumento significativo na ordem dos 5%, de madeira de eucalipto transportada por ferrovia em detrimento da rodovia, assistindo-se por isso a um custo mínimo de 13 117 600 euros. Consultando o Anexo X constata-se o que foi anteriormente dito, bem como os fluxos de transporte entre aglomerados observáveis na figura 6.12 abaixo.

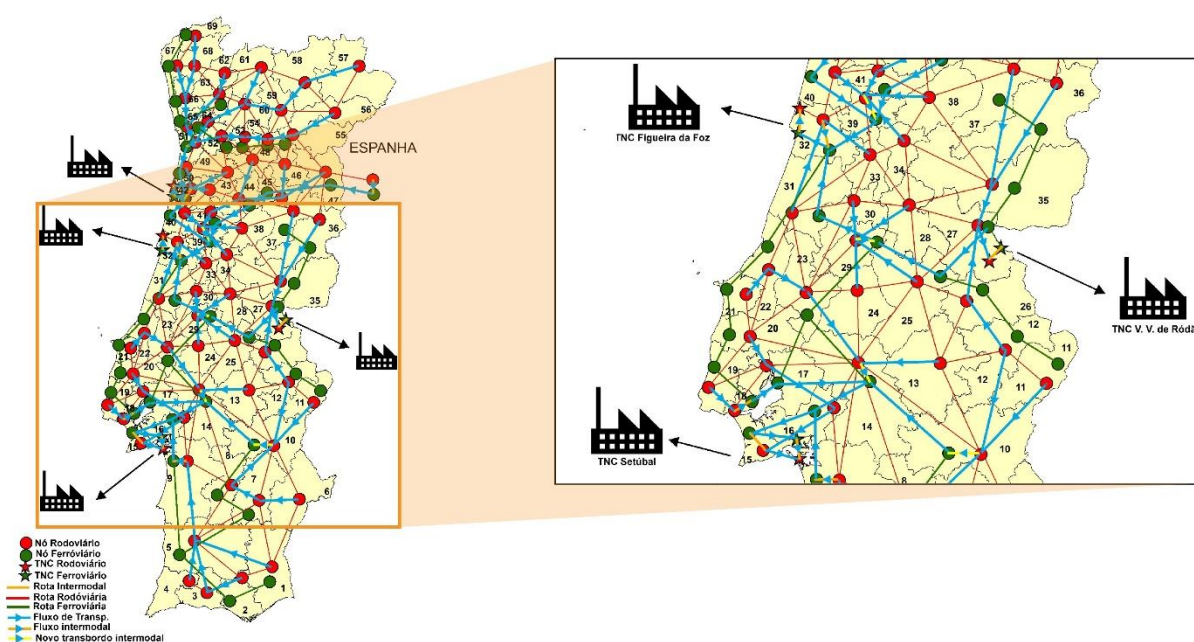


Figura 6.12- Fluxos de aprovisionamento de madeira de eucalipto de acordo com a solução proposta e as suas novas estações intermodais.

De salientar, que no presente cenário, apenas se teve em conta a importação de madeira vinda de Espanha pelo aglomerado 47 (Almeida-Vilar Formoso com ligação a Salamanca onde existe a possibilidade de transbordo), no entanto o aglomerado 11 poderia funcionar da mesma forma, sendo que está a ser estudado uma possível intervenção na linha ferroviária que liga o Alto

Alentejo à fronteira, contribuindo assim para uma diminuição dos custos de transporte de madeira de eucalipto da zona interior de Portugal, e a oferta de alternativas ao abastecimento da fábrica de Setúbal, redistribuindo e melhorando os fluxos de maneira melhor quando comparado com os restantes cenários analisados.

## 7 CONCLUSÃO

### 7.1 Conclusão final

A excelente localização de Portugal, aliada a um clima mediterrânico com as condições propícias ao cultivo de eucalipto, fizeram de Portugal um forte competidor industrial no sector da celulose e do fabrico de papel. Grandes empresas como a *Navigator* contribuem para a economia regional, face à localização das suas fábricas, tal como a beneficiação da economia nacional, fazendo desta empresa uma multinacional de renome. Assim, a produção de madeira de eucalipto, a fomentação de mais emprego ligado à floresta, bem como o aumento da quantidade de madeira transportada aliada a uma gestão sustentável do aprovisionamento das fábricas a partir de qualquer ponto do território só poderá ter um objetivo: a minimização dos custos e aumento dos lucros.

Atualmente e como se sabe, a rede intermodal portuguesa está estagnada, devido ao fraco investimento feito nos últimos 100 anos na rede ferroviária ou devido ao forte investimento na rede rodoviária nas últimas décadas, em ambos os casos é a diferença entre um e outro que se destaca. Intermodalidade assenta na conjugação de dois ou mais modos de transporte, para isso a proporcionalidade de investimento entre eles deve ser equitativa ou pelo menos o investimento em certos pontos estratégicos que permitam uma maior rentabilização de recursos e melhores lucros, minimizando custos.

O sector da celulose, não muito diferente de tantos outros sectores que trabalham com matérias-primas puras, está inevitavelmente sujeito à adaptação num mercado global em que apostar cada vez mais na intermodalidade é apostar no futuro. Segundo este estudo de caso, empresas como a *Navigator* poderiam beneficiar de uma aposta na modernização e inovação de pontos estratégicos intermodais em vários pontos de Portugal. É sabido, que Portugal apesar dos seus excelentes portos, nas zonas interiores está muito dependente de Espanha e das suas estações intermodais, nomeadamente em zonas como Salamanca e Badajoz, que apesar da sua proximidade, são afinal de contas estações intermodais espanholas. Por isso, apostar no investimento estratégico é apostar num maior retorno financeiro, quer para a *Navigator*, quer para Portugal.

Nos cenários apresentados no estudo de caso, houve oportunidade de estudar, cenários diferentes entre si, mas com um objetivo comum: o aprovisionamento de madeira de eucalipto, madeira essa vinda de várias regiões do país (70 origens para aprovisionar quatro fábricas). Através da formulação, modelação e otimização com recurso a softwares próprios é possível constatar que em casos tão diferentes ou tão semelhantes existem sempre determinados “nós” ou “pontos” estratégicos que em convergência com uma determinada rota de transporte

rodoviária ou ferroviária, fazem com que o custo mínimo seja um determinado valor, ou que os fluxos de transporte optem pela rota “A”, “B” ou “C”, consoante as variáveis e restrições impostas.

Atualmente, estão em fase de iniciação alguns projetos de investimento público que importa referir no contexto desta dissertação e que podem em muito influenciar os resultados do custo mínimo de aprovisionamento de madeira de eucalipto num futuro estudo. Foram feitas simulações com esses projetos futuros, para assim perceber de que maneira estes podiam influenciar o custo mínimo de aprovisionamento das fábricas. São exemplo destas simulações os projetos: a ligação ferroviária entre a Guarda e Covilhã na Linha da Beira Baixa e a ligação ferroviária entre Évora-Elvas.

As ligações ferroviárias referidas são consideradas investimento estratégico, como tal, o facto de aproximar o interior ao litoral, encurtando caminho, faz literalmente com que transportes que anteriormente se faziam por camião por um custo muito maior, possam agora ser feitos mais rentavelmente de comboio desde a fronteira espanhola até às fábricas da *Navigator* no litoral. Desta maneira e através da imposição de novos segmentos simulando estas futuras ligações concluídas, aliado a novos locais de transbordo propostos e deixando a dependência de estações intermodais espanholas é provável que o retorno económico justifique a realização de alguns destes novos projetos.

Conclui-se então, que o aprovisionamento de 4 975 000 toneladas de madeira de eucalipto para quatro fábricas de celulose associadas a uma rede intermodal eficaz e capaz de satisfazer as necessidades de transbordo e transporte destas mesmas quantidades, tem um impacto significativo no PIB nacional, bem como no registo financeiro interno da *Navigator*. É por isso vital e urgente, o investimento numa rede intermodal com pontos de transbordo entre diferentes modos de transporte, capazes de assegurar as necessidades de empresas públicas e privadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F. S. de, Silva, A. M. da, Franco, M. J. B., Freitas, C. C., & Brito, P. Q. (2013). *Logística e transportes: Desafios e oportunidades da intermodalidade*. (F. de T. S. de D. G. P. P. da Editora, Ed.). Goiânia: Coletânea Luso-Brasileira IV- Gestão da Informação, Inovação e Logística.
- Alves, A. M., Pereira, J. S., & Silva, J. M. N. (2007). *O Eucalipto em Portugal. Impactes Ambientais e Investigação Científica*. ISAPress.
- Bradley, S. P., Hax, A. C., & Magnanti, T. L. (1977). *Applied Mathematical Programming*. Minnesota: Addison-Wesley Publishing Company, 1977.
- Brito, S. I. C. A. de. (2017). *Modo de Transporte Ferroviário: análise multiobjectivo de intervenções de renovação*. Universidade de Coimbra.
- Cagliano, R., Caniato, F., Golini, R., Kalchschmidt, M., & Spina, G. (2009). Supply chain configurations in a global environment: A longitudinal perspective. *Operations Management Research*, 1(2), 86–94. <https://doi.org/10.1007/s12063-008-0012-0>
- Celipa-Associação Indústria Papeleira@. (2016). Avaliação da produtividade. Retrieved April 12, 2017, from <http://www.celipa.pt/melhoreucalipto/avaliacao-da-produtividade/>
- Crainic, T. G., & Kim, K. H. (2007). Chapter 8 Intermodal Transportation. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 14(C), 467–537. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(06\)14008-6](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(06)14008-6)
- Daba, M. (2016). The Eucalyptus Dilemma : The Pursuit for Socio-economic Benefit versus Environmental Impacts of Eucalyptus in Ethiopia, 6(19), 127–137.
- Dawei, L. (2011). *Fundamentals of Supply Chain Management*. Dr. Dawei Lu & Ventus Publishing ApS. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-24816-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-24816-3_1)
- Fabião, A.; Madeira, M., Cortez, N.; Magalhães, M.C.; Ribeiro, C. - As plantações de eucalipto e o solo. In Alves, A.M.; Pereira, J.S.; Silva, J.M.N., eds. - O eucalipto em Portugal: impactes ambientais e investigação científica. Lisboa: ISAPress, 2007, p.137-174
- Ferreira, C., Carvalho, J., & Baptista, M. (2005). *Instruções para o trabalho de campo do inventário florestal nacional - IFN 2005/2006*. Retrieved from [www.afn.min-agricultura.pt/](http://www.afn.min-agricultura.pt/)
- Fleischmann, M., Van Nunen, P., Kuik, D. R., & Van Wassenhove, P. (2000). *Quantitative Models for Reverse Logistics* by. Erasmus University Rotterdam.
- Ghiani, G., Laporte, G. & Musmanno, R (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. Chichester: John Wiley and Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470014040>

- Goes, E. da S. R. (1977). *OS EUCALIPTOS (ECOLOGIA, CULTURA E PRODUÇÕES E RENTABILIDADE)*. (F. Franco, Ed.) (2º volume). Lisboa: Portucel- Empresa de Celulose e Papel de Portugal.
- Gominho, J., Lourenc, A., Miranda, I., & Pereira, H. (2012). Chemical and fuel properties of stumps biomass from Eucalyptus globulus plantations, *39*, 12–16. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.026>
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2014). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, *240*(3), 603–626. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012>
- Grupo Portucel Soporcel. (2015a). Três fábricas do grupo Portucel Soporcel geram mais de 30 mil empregos a nível nacional. *Grupo Portucel Soporcel*, p. 4. Retrieved from [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/ae55a5fde6724a0a4cbb7de165ce0826.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/ae55a5fde6724a0a4cbb7de165ce0826.pdf)
- Grupo Portucel Soporcel. (2015b). Portucel inaugurou duas unidades de produção nos complexos de Cacia e de Vila Velha de Ródão. *Grupo Portucel Soporcel*, p. 3. Retrieved from [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/8a497ee6096375aa334518ed8c4d743e.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/8a497ee6096375aa334518ed8c4d743e.pdf)
- Grupo Portucel-Soporcel. (2013). *Brochura Portas Abertas 2013-Cacia*. Retrieved from [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/7da279e29d5e993d062865ef5d922802.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/7da279e29d5e993d062865ef5d922802.pdf)
- Grupo Portucel-Soporcel. (2014a). *Utilizar papel é promover o desenvolvimento da floresta*. Retrieved from [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/88224def07e57fe66c4edd7eeb59fa2c.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/88224def07e57fe66c4edd7eeb59fa2c.pdf)
- Grupo Portucel-Soporcel. (2014b). *Relatório de Sustentabilidade 12/13*. Retrieved from [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/c6a13a311b6026c99330f9cca6e76297.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/c6a13a311b6026c99330f9cca6e76297.pdf)
- Grupo Portucel-Soporcel. (2014c). *Origem do Material Fibroso-2013*. Portugal. Retrieved from [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/ff32ac7c4b12e4c9aaf427e85e51591b.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/ff32ac7c4b12e4c9aaf427e85e51591b.pdf)
- Hummels, D. (2007). Transportation Costs and International Trade in the Second Era of Globalization, *21*(3), 131–154.
- ICNF. (2013). *IFN6 – Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental em 1995, 2005 e 2010. 6º Inventário Florestal Nacional*. Retrieved from <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/ficheiros/ifn/ifn6-res-prelimv1-1>

- ICNF@. (2006). 5º Inventário Florestal Nacional. Retrieved May 12, 2017, from <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn5/rel-fin>
- ICNF@. (2010). IFN5-FloreStat. Retrieved April 23, 2017, from <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/ficheiros/ifn/IFN-2010.rar/view>
- IP@. (2017). Mapa da rede ferroviária. Retrieved July 14, 2017, from <http://www.refer.pt/rede/ferroviaria/mapa-da-rede>
- Kane, T. M. (2012). *Military Logistics and Strategic Performance*. (2001 Routledge, Ed.). Hull.
- Lee, H. L., & Lee, C. (2007). *Building Supply Chain Excellence in Emerging Economies*. (Hau L. Lee & Chung-ye Lee, Eds.), *Strategies*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-38429-0>
- Machado, C. (1999). *Caderno técnico: O eucalipto*. Federação Produtores Florestais de Portugal.
- Medway-Logistics@. (2017). Mapa da Rede- Medway: Transportes e Logística. Retrieved June 25, 2017, from <http://www.medway-logistics.com/index.php/pt/rede/mapa-rede.html>
- Ministério da Agricultura, do Mar, do A. e do O. do T. Decreto-Lei n.º 135/2012. D.R. n.º 125, Série I de 2012-06-29, Aprova a Orgânica do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, I. P.(ICNF), Pub. L. No. Diário da República: I série, N.º 131, 3326 (2012). Retrieved from <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/178537/details/normal?l=1>
- Moura, B.C. (2006). *Logística: Conceitos e Tendências*. Lisboa: Centro Atlântico.
- Moyaux, T., Chaib-Draa, B., & D'Amours, S. (2006). Supply chain management and multiagent systems: an overview. ... *Based Supply Chain Management*, 27, 1–27. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-33876-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-33876-5_1)
- OECD@. (2018a). Trade in Goods. Retrieved June 25, 2017, from <https://data.oecd.org/trade/trade-in-goods.htm>
- OECD@. (2018b). Freight Transport. Retrieved June 26, 2017, from <https://data.oecd.org/transport/freight-transport.htm>
- OpenRailWayMap@. (2017). Railway across the world. Retrieved August 2, 2017, from <https://www.openrailwaymap.org/>
- PORDATA@. (2017). Superfície Municipal. Retrieved August 2, 2017, from <https://www.pordata.pt/Municipios/Superfície-57>
- Rico, P. C. (2014). *Logística e sustentabilidade ambiental*. Instituto politécnico de Setúbal.



- Seroka-Stolka, O. (2014). The development of green logistics for implementation sustainable development strategy in companies. *Procedia -Social and Behavioural Sciences*, 151, 302–309. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.028>
- Silva, J.S.; Sequeira, E.; Catry, F.; Aguiar, C. (2007) - Os contras. In *Árvores e florestas de Portugal: pinhais e eucaliptais, a floresta cultivada*. Lisboa: Jornal Público, Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, Liga para a Proteção da Natureza. p. 221-259. ISBN 978-989-619-101-6
- Soares, J. (2006). *Florestas e eucaliptos: Mitos e realidades*. Retrieved from [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/0cd66a2916b723fb55dd179edf75c723.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/0cd66a2916b723fb55dd179edf75c723.pdf)
- The Navigator Company. (2015). *Relatório de Sustentabilidade 2014/2015*. Retrieved from [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/6e27db4cab09920dca9b67d91f1ddade.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/6e27db4cab09920dca9b67d91f1ddade.pdf)
- The-Navigator-Company@. (2017). Perfil da Companhia. Retrieved March 3, 2017, from <http://www.thenavigatorcompany.com/Institucional/Perfil-da-Companhia>
- Van Roy, B. & Kahn M. (2006). *Chapter 5: Network Flows*. University of Stanford, Palo Alto, CA.
- Via Michelin@. (2017). Via Michelin- Route Planer and Maps. Retrieved September 12, 2017, from <https://www.viamichelin.com>.
- Wolf, J. (2008). *The Nature of Supply Chain Management Research*. *Die Deutsche Nationalbibliothek*. Die Deutsche Nationalbibliothek.

**ANEXOS**

## Anexo I: Análise florestal por aglomerado:

Análise florestal por aglomerados			
Aglomerados municipais	Total		Taxa
	Floresta total (ha)	Eucalipto (ha)	Eucalipto/Floresta (%)
Grupo 1	79 059,00	7 069,00	0,09
Grupo 2	33 044,00	596,00	0,02
Grupo 3	22 210,00	3 704,00	0,17
Grupo 4	37 177,00	18 981,00	0,51
Grupo 5	144 779,00	36 557,00	0,25
Grupo 6	90 578,00	3 965,00	0,04
Grupo 7	76 910,00	6 492,00	0,08
Grupo 8	60 027,00	5 202,00	0,09
Grupo 9	220 999,00	27 087,00	0,12
Grupo 10	109 928,00	9 896,00	0,09
Grupo 11	34 219,00	1 666,00	0,05
Grupo 12	57 870,00	4 569,00	0,08
Grupo 13	111 648,00	3 913,00	0,04
Grupo 14	175 082,00	18 841,00	0,11
Grupo 15	18 390,00	1 824,00	0,10
Grupo 16	33 558,00	8 452,00	0,25
Grupo 17	29 641,00	4 393,00	0,15
Grupo 18	1 190,00	202,00	0,17
Grupo 19	12 413,00	4 368,00	0,35
Grupo 20	24 670,00	17 260,00	0,70
Grupo 21	9 615,00	6 822,00	0,71
Grupo 22	34 944,00	16 031,00	0,46
Grupo 23	32 253,00	18 455,00	0,57
Grupo 24	63 791,00	24 221,00	0,38
Grupo 25	129 782,00	35 326,00	0,27
Grupo 26	59 642,00	10 586,00	0,18
Grupo 27	66 688,00	25 697,00	0,39
Grupo 28	56 696,00	13 194,00	0,23
Grupo 29	21 152,00	10 336,00	0,49
Grupo 30	37 696,00	13 716,00	0,36
Grupo 31	81 330,00	16 096,00	0,20
Grupo 32	47 010,00	14 343,00	0,31
Grupo 33	38 046,00	12 537,00	0,33
Grupo 34	40 942,00	14 666,00	0,36
Grupo 35	153 791,00	40 080,00	0,26
Grupo 36	68 295,00	13 941,00	0,20
Grupo 37	37 217,00	1 640,00	0,04
Grupo 38	47 221,00	13 192,00	0,28
Grupo 39	40 462,00	19 470,00	0,48
Grupo 40	50 389,00	17 495,00	0,35
Grupo 41	44 596,00	28 576,00	0,64
Grupo 42	17 074,00	10 470,00	0,61
Grupo 43	52 746,00	31 388,00	0,60
Grupo 44	60 697,00	11 766,00	0,19
Grupo 45	21 696,00	775,00	0,04
Grupo 46	31 632,00	772,00	0,02
Grupo 47	30 246,00	1 922,00	0,06
Grupo 48	33 066,00	1 345,00	0,04
Grupo 49	56 461,00	24 610,00	0,44

Análise florestal por aglomerados			
Aglomerados municipais	Total		Taxa
	Floresta total (ha)	Eucalipto (ha)	Eucalipto/Floresta (%)
Grupo 50	10 997,00	4 943,00	0,45
Grupo 51	20 952,00	15 008,00	0,72
Grupo 52	29 773,00	14 613,00	0,49
Grupo 53	11 138,00	1 189,00	0,11
Grupo 54	13 293,00	179,00	0,01
Grupo 55	41 643,00	2 307,00	0,06
Grupo 56	42 374,00	4 331,00	0,10
Grupo 57	82 257,00	933,00	0,01
Grupo 58	76 575,00	2 621,00	0,03
Grupo 59	38 452,00	1 342,00	0,03
Grupo 60	40 880,00	3 300,00	0,08
Grupo 61	48 314,00	443,00	0,01
Grupo 62	21 733,00	4 910,00	0,23
Grupo 63	21 845,00	7 618,00	0,35
Grupo 64	12 684,00	6 708,00	0,53
Grupo 65	10 233,00	6 162,00	0,60
Grupo 66	26 591,00	11 581,00	0,44
Grupo 67	21 098,00	5 867,00	0,28
Grupo 68	34 344,00	11 415,00	0,33
Grupo 69	22 520,00	4 715,00	0,21

## Anexo II: Aglomerados Municipais com respetivos “centróides” de aglomerado\*.

Aglomerados Municipais									
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Castro Marim	Loulé	Albufeira	Monchique*	Odemira*	Mourão	Beja*	Alvito*	Alcácer do Sal	Reguengos de Monsaraz
V.R.S.António*	Faro*	Silves*	Lagos	Ourique	Barrancos	Vidigueira	Ferreira do Alentejo	Grândola	Évora*
Alcoutim e Tavira	Olhão	Lagoa	Vila do Bispo	Castro Verde	Moura	Cuba	Aljustrel	Santiago do Cacém	Alandroal
Mértola	S.Brás de Alportel	Portimão	Aljezur	Almodôvar	Serpa*	Portel	Viana do alentejo	Sines*	Redondo
Grupo 11	Grupo 12	Grupo 13	Grupo 14	Grupo 15	Grupo 16	Grupo 17	Grupo 18	Grupo 19	Grupo 20
Campo maior	Aronches*	Avis*	Salvaterra de magos	Almada	Barreiro*	Loures	Amadora	Sobral de Monte Agraço	Torres Vedras*
Elvas*	Monforte	Mora	Coruche*	Sejal	Moita	Benavente	Oeiras	Cascais	Alenquer
Borba	Fronteira	Arraiolos	Vendas Novas	Sesimbra	Palmela	V.Franca de Xira*	Lisboa*	Sintra*	Azambuja
Vila Viçosa	Estremoz	Sousel	Montemor-O-Novo	Setúbal*	Montijo	Alcochete	Odivelas	Mafra	Arruda dos Vinhos
Grupo 21	Grupo 22	Grupo 23	Grupo 24	Grupo 25	Grupo 26	Grupo 27	Grupo 28	Grupo 29	Grupo 30
Óbidos	Nazaré	Porto de mós	Golegã	Ponte de Sôr	Alter do chão	Proença-a-Nova	Sertã	Entroncamento*	Alcanena
Peniche	Alcobaça	Santarém*	Chamusca*	Constância	Crato*	Vila Velha de Rodão*	Vila de Rei	V.N. Da Barquinha	Ourém
Lourinhã	Caldas da Rainha*	Rio Maior	Alpiarça	Abrantes*	Portalegre	Nisa	Mação*	Torres Novas	Alvaiázere
Bombarral*	Cadaval	Cartaxo	Almeirim	Gavião	Marvão	Castelo de Vide	Sardoal	Tomar	Ferreira do Zezere*
Grupo 31	Grupo 32	Grupo 33	Grupo 34	Grupo 35	Grupo 36	Grupo 37	Grupo 38	Grupo 39	Grupo 40
Pombal*	Figueira da Foz*	Penela	Lousã	Pampilhosa da Serra	Belmonte	Gouveia	Seia	Penacova	Vagos
Leiria	Montemor-O-Velho	Figueiró dos Vinhos*	Góis*	Oleiros	Sabugal	Guarda	Oliveira do Hospital	Mealhada*	Mira
Marinha Grande	Soure	Ansão	Castanheira de Pêra	Castelo Branco*	Penamacor	Manteigas	Tábua*	V.N. de Poiares	Cantanhede
Batalha	Condeixa-a-Nova	Miranda do Corvo	Pedrogão Grande	Idanha-a-Nova	Fundão*	Covilhã*	Arganil	Coimbra	Oliveira do Bairro*
Grupo 41	Grupo 42	Grupo 43	Grupo 44	Grupo 45	Grupo 46	Grupo 47	Grupo 48	Grupo 49	Grupo 50
Anadia	Murtosa	Sever do Vouga	Viseu	Sátão*	Penedono	Fig. De Castelo Rodrigo	Castro Daire*	Vale de Cambra	Espinho
Mortágua*	Ilhavo	Águeda*	Tondela	Penalva do Castelo	Semancelhe	Pinhel	V.N. de Paiva	S.Pedro do Sul	Ovar
S. Comba Dão	Aveiro*	Vouzela	Nelas*	Celorico da Beira	Aguiar da Beira*	Almeida*	Moimenta da Beira	Oliveira de Azeméis	Estarreja*
Caregal do Sal	Albergaria-a-Velha	Oliveira de Frades	Mangualde	Fornos de Algodres	Trancoso	Mêda	Tarouca	Arouca*	S.João da Madeira
Grupo 51	Grupo 52	Grupo 53	Grupo 54	Grupo 55	Grupo 56	Grupo 57	Grupo 58	Grupo 59	Grupo 60
Porto*	Penafiel	Baião	S.Marta de Penaguão	S.João da Pesqueira*	Carrizada de Ansiães	Bragança	Vinhais	V.Pouca de Aguiar*	Amarante*
S.Maria da Feira	Castelo de Paiva	Resende*	Peso da Régua*	V.N. de Foz Coa	Vila Flor	Vimioso	Chaves	Murça	Celorico de Basto
V.N. de Gaia	Cinfaes	Mesão Frio	Amamar	Freixo de Espada à Cinta	Alfandega da Fé	Miranda do Douro	Valpaços	Alijó	Mondim de Basto
Gondomar	Marco de Canaveses*	Lamego	Tabuaço	Torre de Moncorvo	Mogadouro*	Macedo de Cavaleiros*	Mirandela*	Sabrosa	Vila Real
Grupo 61	Grupo 62	Grupo 63	Grupo 64	Grupo 65	Grupo 66	Grupo 67	Grupo 68	Grupo 69	
Montalegre	Vieira do Minho	Fafe	Valongo*	Matosinhos	Vila do conde	Esposende	Ponte de Lima*	Melgaço	
Boticas	Póvoa de Lanhoso*	Braga e Guimarães*	Paredes	Maia	V.N. de Famalicão	V.N. de Cerveira	Vila Verde	Monção	
Cabecceiras de Basto*	Terras de Bouro	Vizela	Paços de Ferreira	Trofa*	Póvoa de Varzim	Caminha	Ponte da barca	Valença*	
Ribeira de Pena	Amares	Felgueiras	Lousada	Santo Tirso	Barcelos*	Viana do Castelo*	Arcos de Valdevez	Paredes de Coura	

## Anexo III: Análise de produção e produtividade de eucalipto por aglomerado.

Análise florestal por aglomerados			
Aglomerados municipais	Total		Taxa
	Produção (m3)	Produção (ton)	AMA (m3/ha)
Grupo 1	45 821,26	27 492,75	6,48
Grupo 2	4 541,22	2 724,73	7,62
Grupo 3	31 772,91	19 063,75	8,58
Grupo 4	186 550,01	111 930,01	9,83
Grupo 5	245 461,98	147 277,19	6,71
Grupo 6	22 778,93	13 667,36	5,75
Grupo 7	41 513,09	24 907,86	6,39
Grupo 8	36 034,25	21 620,55	6,93
Grupo 9	250 730,82	150 438,49	9,26
Grupo 10	69 331,38	41 598,83	7,01
Grupo 11	11 420,85	6 852,51	6,86
Grupo 12	36 380,66	21 828,40	7,96
Grupo 13	31 862,58	19 117,55	8,14
Grupo 14	156 149,50	93 689,70	8,29
Grupo 15	12 936,26	7 761,76	7,09
Grupo 16	62 546,91	37 528,15	7,40
Grupo 17	33 627,32	20 176,39	7,65
Grupo 18	1 625,44	975,27	8,05
Grupo 19	48 472,79	29 083,67	11,10
Grupo 20	184 017,49	110 410,49	10,66
Grupo 21	78 232,99	46 939,79	11,47
Grupo 22	185 246,22	111 147,73	11,56
Grupo 23	213 178,32	127 906,99	11,55
Grupo 24	269 519,18	161 711,51	11,13
Grupo 25	346 079,99	207 647,99	9,80
Grupo 26	84 145,47	50 487,28	7,95
Grupo 27	206 970,06	124 182,04	8,05
Grupo 28	154 227,96	92 536,78	11,69
Grupo 29	117 649,52	70 589,71	11,38
Grupo 30	163 786,19	98 271,71	11,94
Grupo 31	187 120,02	112 272,01	11,63
Grupo 32	169 175,69	101 505,41	11,80
Grupo 33	167 654,17	100 592,50	13,37
Grupo 34	186 899,84	112 139,90	12,74
Grupo 35	349 257,12	209 554,27	8,71
Grupo 36	90 470,12	54 282,07	6,49
Grupo 37	9 112,25	5 467,35	5,56
Grupo 38	146 348,75	87 809,25	11,09
Grupo 39	231 926,64	139 155,98	11,91
Grupo 40	214 961,07	128 976,64	12,29
Grupo 41	351 827,71	211 096,63	12,31
Grupo 42	125 037,98	75 022,79	11,94
Grupo 43	392 773,74	235 664,24	12,51
Grupo 44	137 668,08	82 600,85	11,70
Grupo 45	5 339,56	3 203,73	6,89
Grupo 46	4 851,63	2 910,98	6,28
Grupo 47	12 714,03	7 628,42	6,62
Grupo 48	11 333,31	6 799,98	8,43
Grupo 49	327 368,37	196 421,02	13,30

Análise florestal por aglomerados			
Aglomerados municipais	Total		Taxa
	Produção (m3)	Produção (ton)	AMA (m3/ha)
Grupo 50	59 212,20	35 527,32	11,98
Grupo 51	182 606,09	109 563,65	12,17
Grupo 52	175 440,02	105 264,01	12,01
Grupo 53	15 004,59	9 002,75	12,62
Grupo 54	1 594,89	956,93	8,91
Grupo 55	10 941,52	6 564,91	4,74
Grupo 56	19 931,26	11 958,76	4,60
Grupo 57	6 289,59	3 773,75	6,74
Grupo 58	16 412,05	9 847,23	6,26
Grupo 59	9 460,09	5 676,06	7,05
Grupo 60	42 878,55	25 727,13	12,99
Grupo 61	4 345,05	2 607,03	9,81
Grupo 62	78 710,98	47 226,59	16,03
Grupo 63	104 673,22	62 803,93	13,74
Grupo 64	85 957,99	51 574,79	12,81
Grupo 65	77 046,57	46 227,94	12,50
Grupo 66	150 503,78	90 302,27	13,00
Grupo 67	100 136,49	60 081,89	17,07
Grupo 68	210 327,08	126 196,25	18,43
Grupo 69	83 467,29	50 080,37	17,70

## Anexo IV: Distribuição proporcional de quantidades de eucalipto pelos aglomerados:

Distribuição Proporcional		
Aglomerados municipais	$\Sigma$ Áreas municipais (Km <sup>2</sup> )	Quantidade de ton/aglomerado
Grupo 1	2 837,00	150 720,21
Grupo 2	1 251,00	66 461,40
Grupo 3	1 091,00	57 961,14
Grupo 4	1 111,00	59 023,67
Grupo 5	3 731,00	198 215,40
Grupo 6	2 511,00	133 400,93
Grupo 7	2 236,00	118 791,11
Grupo 8	1 765,00	93 768,48
Grupo 9	3 589,00	190 671,42
Grupo 10	2 684,00	142 591,84
Grupo 11	1 218,00	64 708,22
Grupo 12	1 498,00	79 583,67
Grupo 13	2 013,00	106 943,88
Grupo 14	2 815,00	149 551,42
Grupo 15	591,00	31 397,83
Grupo 16	905,00	48 079,59
Grupo 17	1 134,00	60 245,58
Grupo 18	197,00	10 465,94
Grupo 19	760,00	40 376,23
Grupo 20	1 052,00	55 889,20
Grupo 21	458,00	24 331,99
Grupo 22	921,00	48 929,61
Grupo 23	1 246,00	66 195,76
Grupo 24	1 147,00	60 936,23
Grupo 25	1 930,00	102 534,37
Grupo 26	1 362,00	72 358,45
Grupo 27	1 566,00	83 196,28
Grupo 28	1 131,00	60 086,20
Grupo 29	685,00	36 391,73
Grupo 30	894,00	47 495,19
Grupo 31	1 481,00	78 680,52
Grupo 32	1 012,00	53 764,13
Grupo 33	610,00	32 407,24
Grupo 34	597,00	31 716,59
Grupo 35	3 721,00	197 684,14
Grupo 36	2 206,00	117 197,31
Grupo 37	1 691,00	89 837,11
Grupo 38	1 204,00	63 964,44
Grupo 39	731,00	38 835,56
Grupo 40	767,00	40 748,11
Grupo 41	697,00	37 029,25
Grupo 42	503,00	26 722,69
Grupo 43	804,00	42 713,80
Grupo 44	1 223,00	64 973,85
Grupo 45	714,00	37 932,40
Grupo 46	932,00	49 514,01
Grupo 47	1 798,00	95 521,65
Grupo 48	875,00	46 485,79
Grupo 49	986,00	52 382,84

Distribuição Proporcional		
Aglomerados municipais	$\Sigma$ Áreas municipais (Km <sup>2</sup> )	Quantidade de ton/aglomerado
Grupo 50	285,00	15 141,09
Grupo 51	557,00	29 591,52
Grupo 52	768,00	40 801,24
Grupo 53	490,00	26 032,04
Grupo 54	415,00	22 047,55
Grupo 55	1 440,00	76 502,33
Grupo 56	1 628,00	86 490,13
Grupo 57	2 842,00	150 985,84
Grupo 58	2 494,00	132 497,78
Grupo 59	1 081,00	57 429,87
Grupo 60	1 033,00	54 879,79
Grupo 61	1 586,00	84 258,81
Grupo 62	710,00	37 719,90
Grupo 63	784,00	41 651,27
Grupo 64	399,00	21 197,52
Grupo 65	354,00	18 806,82
Grupo 66	812,00	43 138,81
Grupo 67	659,00	35 010,44
Grupo 68	1 179,00	62 636,28
Grupo 69	704,00	37 401,14

## Anexo V: Distâncias e custos de transporte através de transporte rodoviário.

	T r a n s p o r t e R o d o v i á r i o				T r a n s p o r t e R o d o v i á r i o				T r a n s p o r t e R o d o v i á r i o				
	Conexões	Distâncias (km)	Custos (€/km)		Conexões	Distâncias (km)	Custos (€/km)		Conexões	Distâncias (km)	Custos (€/km)		
T r a n s p o r t e R o d o v i á r i o	Grupo 1	Grupo 2	109,6	1,114	Grupo 27	Grupo 28	100	1,016	Grupo 49	Grupo 50	96,00	0,98	
		Grupo 5	346	3,515		Grupo 35	56,8	0,577		Grupo 51	112,60	1,14	
		Grupo 7	238	2,418		Grupo 27	Fábrica TNC V.V. Ródão	6,4		0,065	Grupo 52	105,00	1,07
		Grupo 6	240	2,438			Grupo 30	104,8		1,065	Grupo 51	107,20	1,09
	Grupo 2	Grupo 5	308	3,129	Grupo 28	Grupo 33	139,8	1,420	Grupo 50	Grupo 52	116,60	1,18	
		Grupo 3	123,8	1,258		Grupo 34	266	2,703		Grupo 51	Grupo 64	30,60	0,31
	Grupo 3	Grupo 4	58,4	0,593		Grupo 35	199	2,022	Grupo 65		53,20	0,54	
		Grupo 5	162,4	1,650		Grupo 29	Grupo 30	73,6	0,748	Grupo 52	Grupo 53	73,00	0,74
	Grupo 4	Grupo 5	128	1,300	Grupo 28		56,2	0,571	Grupo 60		34,20	0,35	
		Grupo 5	Grupo 7	212	2,154	Grupo 30	Grupo 31	108,4	1,101	Grupo 64	87,40	0,89	
	Grupo 8		240	2,438	Grupo 33		69,4	0,705	Grupo 53	Grupo 54	60,20	0,61	
	Grupo 9		107,6	1,093	Grupo 31	Grupo 33	103,8	1,055		Grupo 60	70,80	0,72	
	Grupo 6	Grupo 7	57,6	0,585		Grupo 32	95,2	0,967	Grupo 54	Grupo 55	86,40	0,88	
		Grupo 10	216	2,195	Grupo 33	168,8	1,715	Grupo 59		107,60	1,09		
	Grupo 7	Grupo 8	75,6	0,768	Grupo 32	Grupo 39	110	1,118	Grupo 54	Grupo 60	76,60	0,78	
		Grupo 10	160,4	1,630		Grupo 40	127,4	1,294		Grupo 55	Grupo 56	200,00	2,03
	Grupo 8	Grupo 9	204	2,073	Grupo 32	Fábrica TNC Figueira da Foz	27,8	0,282	Grupo 55		Grupo 59	152,80	1,55
		Grupo 10	81,6	0,829		Grupo 33	Grupo 34	134,2		1,363	Grupo 56	Grupo 57	100,20
	Grupo 9	Grupo 14	216	2,195	Grupo 39		200	2,032	Grupo 56	Grupo 58		146,80	1,49
		Grupo 14	348	3,536	Grupo 35	216	2,195	Grupo 57		Grupo 59	252,00	2,56	
	Grupo 10	Grupo 16	320	3,251	Grupo 34	Grupo 38	65,8		0,669	Grupo 57	Grupo 58	52,40	0,53
		Grupo 14	155,2	1,577		Grupo 39	118,4	1,203	Grupo 58		Grupo 59	126,60	1,29
	Grupo 11	Grupo 13	126,4	1,284	Grupo 35	Grupo 36	92	0,935		Grupo 58	Grupo 61	208,00	2,11
		Grupo 12	181,4	1,843		Grupo 37	128,2	1,303	Grupo 59		Grupo 60	159,00	1,62
		Grupo 11	172,6	1,754	Grupo 38	250	2,540	Grupo 59		Grupo 61	82,20	0,84	
	Grupo 12	Grupo 12	65,8	0,669	Grupo 36	Grupo 37	37,2		0,378	Grupo 60	Grupo 61	86,20	0,88
Grupo 13		123,4	1,254	Grupo 47		206	2,093	Grupo 60	Grupo 63		133,40	1,36	
Grupo 13	Grupo 26	93,4	0,949	Grupo 37	Grupo 38	170,6	1,733		Grupo 60	Grupo 64	103,00	1,05	
	Grupo 26	83,2	0,845		Grupo 44	140	1,422	Grupo 61		Grupo 63	117,00	1,19	
	Grupo 25	127	1,290	Grupo 45	158	1,605	Grupo 62		74,40	0,76			
Grupo 14	Grupo 14	150,6	1,530	Grupo 37	Grupo 47	179,6	1,825	Grupo 62	Grupo 63	34,80	0,35		
	Grupo 16	174	1,768		Grupo 38	Grupo 39	119		1,209	Grupo 62	Grupo 68	94,80	0,96
	Grupo 17	113,2	1,150	Grupo 41		72,8	0,740	Grupo 63	Grupo 64		100,60	1,02	
	Grupo 20	189,8	1,928	Grupo 44	121,2	1,231	Grupo 63		Grupo 65	57,80	0,59		
	Grupo 23	78,8	0,801	Grupo 39	Grupo 40	35,6		0,362	Grupo 63	Grupo 66	40,80	0,41	
	Grupo 24	123	1,250		Grupo 41	48,6	0,494	Grupo 64		Grupo 65	46,40	0,47	
Grupo 25	180,4	1,833	Grupo 41	77,4	0,786	Grupo 65	Grupo 66		58,80	0,60			
Grupo 15	Grupo 16	62,2	0,632	Grupo 40	Grupo 42		43	0,437	Grupo 64	Grupo 67	65,60	0,67	
	Fábrica TNC Setúbal	19,8	0,201		Grupo 41	Grupo 43	68,2	0,693		Grupo 66	Grupo 68	59,60	0,61
Grupo 16	Grupo 17	124,8	1,268	Grupo 44		102,8	1,044	Grupo 67	Grupo 68		53,40	0,54	
	Grupo 18	68,4	0,695	Grupo 42	Fábrica TNC Aveiro	17,4	0,177		Grupo 67	Grupo 69	122,80	1,25	
Grupo 17	Grupo 19	117	1,189		Grupo 43	44,2	0,449	Grupo 68		Grupo 69	75,40	0,77	
	Grupo 20	74,2	0,754	Grupo 42	Grupo 49	131,2	1,333		ESPANHA	Grupo 47	294,00	2,99	
Grupo 18	Grupo 19	72	0,732		Grupo 43	Grupo 50	38,4	0,390					
	Grupo 20	105,6	1,073	Grupo 44		169,6	1,723						
Grupo 19	Grupo 21	52,2	0,530	Grupo 44	Grupo 49	141,2	1,435						
	Grupo 22	93,2	0,947		Grupo 45	96,2	0,977						
Grupo 20	Grupo 23	150,6	1,530	Grupo 45	Grupo 48	69	0,701						
	Grupo 22	39,4	0,400		Grupo 49	138,2	1,404						
Grupo 21	Grupo 23	106,6	1,083	Grupo 46	Grupo 46	57,2	0,581						
	Grupo 31	230	2,337		Grupo 47	160,4	1,630						
Grupo 22	Grupo 31	210	2,134	Grupo 47	Grupo 48	142,4	1,447						
	Grupo 30	153,6	1,561		Grupo 47	178,2	1,811						
	Grupo 29	81,6	0,829	Grupo 46	Grupo 48	96,4	0,979						
Grupo 24	57	0,579	Grupo 54		128,8	1,309							
Grupo 23	Grupo 25	74,8	0,760	Grupo 47	Grupo 55	99,8	1,014						
	Grupo 29	29,8	0,303		Grupo 55	194,6	1,977						
Grupo 24	Grupo 26	129,8	1,319	Grupo 48	Grupo 49	107	1,087						
	Grupo 27	149,6	1,520		Grupo 52	120	1,219						
	Grupo 28	55	0,559	Grupo 53	71	0,721							
Grupo 25	Grupo 29	54,6	0,555	Grupo 54	87,8	0,892							
	Grupo 27	90	0,914										

## Anexo VI: Distâncias e custos de transporte através de transporte ferroviário.

	Conexões		Distâncias (km)	Custos (€/km)
		Grupo 1	Grupo 2	102,8
	Grupo 2	Grupo 5	154,6	0,524
	Grupo 5	Grupo 7	173,80	0,59
		Grupo 9	218	0,738
	Grupo 7	Grupo 8	56,8	0,192
	Grupo 8	Grupo 10	127,6	0,432
	Grupo 9	Grupo 16	328	1,111
	Grupo 10	Grupo 14	180,8	0,612
	Grupo 11	Grupo 12	56,2	0,190
	Grupo 12	Grupo 26	62,8	0,213
	Grupo 14	Grupo 16	180	0,610
		Grupo 17	112,6	0,381
		Grupo 23	91,4	0,310
	Grupo 15	Grupo 16	58,8	0,199
	Grupo 15	Fábrica TNC Setúbal	16,58	0,056
	Grupo 17	Grupo 18	61,6	0,209
		Grupo 23	91,6	0,275
	Grupo 18	Grupo 19	52,6	0,178
	Grupo 19	Grupo 20	76,8	0,260
	Grupo 20	Grupo 21	42,8	0,145
	Grupo 21	Grupo 22	29,2	0,099
	Grupo 22	Grupo 32	234	0,702
	Grupo 23	Grupo 29	62,6	0,212
	Grupo 25	Grupo 26	121,4	0,411
		Grupo 27	110,4	0,374
		Grupo 29	48,6	0,165
	Grupo 27	Grupo 35	52,00	0,176
	Grupo 29	Grupo 31	116,00	0,393
	Grupo 31	Grupo 32	97,00	0,329
	Grupo 32	Grupo 39	106,60	0,361
	Grupo 32	Fábrica TNC Figueira da Foz	19,76	0,067
	Grupo 35	Grupo 36	71,60	0,242
	Grupo 36	Grupo 37	30,80	0,104
	Grupo 39	Grupo 40	29,20	0,099
		Grupo 41	37,40	0,127
	Grupo 40	Grupo 42	32,80	0,111
	Grupo 41	Grupo 44	75,40	0,255
	Grupo 42	Fábrica TNC Aveiro	10,88	0,037
	Grupo 42	Grupo 50	25,40	0,086
	Grupo 44	Grupo 45	59,00	0,200
	Grupo 45	Grupo 47	169,20	0,573
	Grupo 50	Grupo 51	95,20	0,32

	Conexões		Distâncias (km)	Custos (€/km)
	Ferroviário	Grupo 51	Grupo 64	23,8
Grupo 65			47,8	0,162
	Grupo 52	Grupo 53	34,4	0,117
		Grupo 64	69,6	0,236
	Grupo 53	Grupo 54	35	0,119
	Grupo 54	Grupo 55	80,4	0,272
	Grupo 63	Grupo 65	56,4	0,191
	Grupo 64	Grupo 65	40,6	0,137
	Grupo 65	Grupo 66	46,6	0,158
	Grupo 66	Grupo 67	59,4	0,201
	Grupo 67	Grupo 69	86,8	0,294
	ESPAÑA	Grupo 47	252,8	0,856

## Anexo VII: Análise dos fluxos de transporte para o cenário 1.

Origem	Transbordo**	Destino	Quant. Transportada
Grupo 1	-	Grupo 5	150 720 (Rodovia)
Grupo 2	-	Grupo 3	66 461,4 (Rodovia)
Grupo 3	-	Grupo 5	124 423 (Rodovia)
Grupo 4	-	Grupo 5	59 023,7 (Rodovia)
Grupo 5	-	Grupo 9	532 382 (Rodovia)
Grupo 6	-	Grupo 7	133 401 (Rodovia)
Grupo 7	-	Grupo 8	252 192 (Rodovia)
Grupo 8	-	Grupo 9	345 961 (Rodovia)
Grupo 9*	1 069 010,00	Grupo 16	1 069 010 (Ferrovia)
Grupo 10	-	Grupo 14	207 300 (Rodovia)
Grupo 11	-	Grupo 12	64 708,2 (Rodovia)
Grupo 12	-	Grupo 13	79 583,7 (Rodovia)
Grupo 13	-	Grupo 14	240 848 (Rodovia)
Grupo 14	-	Grupo 16	597 700 (Rodovia)
Grupo 14	-	Grupo 16	50842,2 (Ferrovia)
Grupo 15	-	Fábrica TNC Setúbal	817 644 (Rodovia)
Grupo 15	1 119 860,00	Fábrica TNC Setúbal*	1 119 860 (Ferrovia)
Grupo 16	-	Grupo 15	786 246 (Rodovia)
Grupo 17	-	Grupo 16	140 467 (Rodovia)
Grupo 17	-	Grupo 14	50 842,2 (Ferrovia)
Grupo 18*	50 842,20	Grupo 17	50 842,2 (Ferrovia)
Grupo 19	-	Grupo 18	40 376,2 (Rodovia)
Grupo 20	-	Grupo 17	80 221,2 (Rodovia)
Grupo 21	-	Grupo 20	24 332 (Rodovia)
Grupo 22	-	Grupo 31	48 929,6 (Rodovia)
Grupo 23	-	Grupo 31	66 195,8 (Rodovia)
Grupo 24	-	Grupo 29	60 936,2 (Rodovia)
Grupo 25	-	Grupo 29	120 572 (Rodovia)
Grupo 26	-	Grupo 13	54320,9 (Rodovia)
Grupo 26	-	Grupo 25	18037,6 (Rodovia)
Grupo 27	-	Fábrica TNC V.V. Ródão	150 000 (Rodovia)
Grupo 28	-	Grupo 30	60 086,2 (Rodovia)
Grupo 29	-	Grupo 30	217 900 (Rodovia)
Grupo 30	-	Grupo 31	325 481 (Rodovia)
Grupo 31	-	Grupo 32	519 287 (Rodovia)
Grupo 32*	1 313 350,00	Fábrica TNC Figueira da Foz	1 975 000 (Ferrovia)
Grupo 33	-	Grupo 32	32 407,2 (Rodovia)
Grupo 34	-	Grupo 39	162 597 (Rodovia)

## Nota:

\* transbordo de madeira ocorre na origem

\* transbordo de madeira ocorre no destino

Origem	Transbordo**	Destino	Quant. Transportada
Grupo 35	-	Grupo 27	66 803,7 (Rodovia)
Grupo 35	-	Grupo 34	130 880 (Rodovia)
Grupo 36	-	Grupo 37	117 197 (Rodovia)
Grupo 37	-	Grupo 38	207 034 (Rodovia)
Grupo 38	-	Grupo 39	270 999 (Rodovia)
Grupo 39	-	Grupo 32	707 889 (Rodovia)
Grupo 39	-	Grupo 32	661 653 (Ferrovia)
Grupo 40	-	Grupo 42	40 748,1 (Rodovia)
Grupo 40	-	Grupo 39	450 287 (Ferrovia)
Grupo 41	-	Grupo 39	235 457 (Rodovia)
Grupo 41	-	Grupo 39	211 365 (Ferrovia)
Grupo 42	-	Fábrica TNC Aveiro	273 708 (Rodovia)
Grupo 42	-	Grupo 40	450 287 (Ferrovia)
Grupo 42	608 792,00	Fábrica TNC Aveiro*	608 792 (Ferrovia)
Grupo 43	-	Grupo 42	42 713,8 (Rodovia)
Grupo 44	-	Grupo 41	198 428 (Rodovia)
Grupo 44	-	Grupo 41	211 365 (Ferrovia)
Grupo 45	-	Grupo 44	133 454 (Rodovia)
Grupo 45	-	Grupo 44	211 365 (Ferrovia)
Grupo 46	-	Grupo 48	49 514 (Rodovia)
Grupo 47	-	Grupo 36	95 521,6 (Rodovia)
Grupo 47	-	Grupo 45	211 365 (Ferrovia)
Grupo 48	-	Grupo 49	95 999,8 (Rodovia)
Grupo 49	-	Grupo 42	148 383 (Rodovia)
Grupo 50	-	Grupo 42	15 141,1 (Rodovia)
Grupo 50	-	Grupo 42	1 059 080 (Ferrovia)
Grupo 51*	1 059 080,00	Grupo 50	1 059 080 (Ferrovia)
Grupo 52	-	Grupo 51	66 833,3 (Rodovia)
Grupo 53	-	Grupo 52	26 032 (Rodovia)
Grupo 54	-	Grupo 60	185 040 (Rodovia)
Grupo 55	-	Grupo 54	162 992 (Rodovia)
Grupo 56	-	Grupo 55	86 490,1 (Rodovia)
Grupo 57	-	Grupo 58	150 986 (Rodovia)
Grupo 58	-	Grupo 59	283 484 (Rodovia)
Grupo 59	-	Grupo 60	340 913 (Rodovia)
Grupo 60	-	Grupo 64	665 092 (Rodovia)
Grupo 61	-	Grupo 60	84 258,8 (Rodovia)
Grupo 62	-	Grupo 63	37 719,9 (Rodovia)
Grupo 63	-	Grupo 65	79 371,2 (Rodovia)
Grupo 64	-	Grupo 51	686 290 (Rodovia)
Grupo 65	-	Grupo 51	276 365 (Rodovia)
Grupo 66	-	Grupo 65	178 187 (Rodovia)
Grupo 67	-	Grupo 66	35 010,4 (Rodovia)
Grupo 68	-	Grupo 66	100 037 (Rodovia)
Grupo 69	-	Grupo 68	37 401,1 (Rodovia)



## Anexo VIII: Análise dos fluxos de transporte para o cenário 2.

Fluxo Custo mínimo				
	Origem	Transbordo**	Destino	Quant. Transportada (ton)
T r a n s p o r t e  r o d o v i á r i o	Grupo 1	-	Grupo 7	150 720,0
	Grupo 2	-	Grupo 3	66 461,2
	Grupo 3	-	Grupo 5	124 423,0
	Grupo 4	-	Grupo 5	59 023,7
	Grupo 5	-	Grupo 9	381 662,0
	Grupo 6	-	Grupo 7	133 401,0
	Grupo 7	-	Grupo 8	402 912,0
	Grupo 8	-	Grupo 9	496 681,0
	Grupo 9	-	Grupo 16	572 333,0
	Grupo 10	-	Grupo 14	207 300,0
	Grupo 11	-	Grupo 10	64 708,2
	Grupo 12	-	Grupo 13	79 583,7
	Grupo 13	-	Grupo 14	240 848,0
	Grupo 14	-	Grupo 16	1 094 380,0
	Grupo 15	-	Fábrica TNC Setúbal	1 937 500,0
	Grupo 16	-	Grupo 15	1 906 100,0
	Grupo 17	-	Grupo 16	191 309,0
	Grupo 18	-	Grupo 17	10 465,9
	Grupo 19	-	Grupo 17	40 376,2
	Grupo 20	-	Grupo 17	80 221,2
	Grupo 21	-	Grupo 20	24 332,0
	Grupo 22	-	Grupo 31	48 929,6
	Grupo 23	-	Grupo 31	66 195,8
	Grupo 24	-	Grupo 29	60 936,2
	Grupo 25	-	Grupo 29	120 572,0
	Grupo 26	-	Grupo 13	544 320,9
	Grupo 26	-	Grupo 25	18 037,6
	Grupo 27	-	Fábrica TNC V.V. Ródão	150 000,0
	Grupo 28	-	Grupo 30	60 086,2
	Grupo 29	-	Grupo 30	217 900,0
	Grupo 30	-	Grupo 31	325 481,0
	Grupo 31	-	Grupo 32	519 287,0
	Grupo 32	-	Fábrica TNC Figueira da Foz	1 975 000,0
	Grupo 33	-	Grupo 32	32 407,2
	Grupo 34	-	Grupo 39	162 597,0
	Grupo 35	-	Grupo 27	66 803,7
	Grupo 35	-	Grupo 34	130 880,0
	Grupo 36	-	Grupo 37	117 197,0
	Grupo 37	-	Grupo 38	207 034,0
	Grupo 38	-	Grupo 39	270 999,0
	Grupo 39	-	Grupo 32	1 328 790,0
Grupo 40	-	Grupo 32	40 748,1	
Grupo 41	-	Grupo 39	856 362,0	

Fluxo Custo mínimo				
	Origem	Transbordo**	Destino	Quant. Transportada (ton)
T r a n s p o r t e  r o d o v i á r i o	Grupo 42	-	Fábrica TNC Aveiro	882 500,0
	Grupo 43	-	Grupo 42	42 713,8
	Grupo 44	-	Grupo 41	819 333,0
	Grupo 45	-	Grupo 44	394 334,0
	Grupo 46	-	Grupo 45	49 514,0
	Grupo 47	-	Grupo 45	306 887,0
	Grupo 48	-	Grupo 44	360 025,0
	Grupo 49	-	Grupo 42	470 769,0
	Grupo 50	-	Grupo 42	342 295,0
	Grupo 51	-	Grupo 50	327 154,0
	Grupo 52	-	Grupo 49	418 386,0
	Grupo 53	-	Grupo 48	26 032,0
	Grupo 54	-	Grupo 48	287 507,0
	Grupo 55	-	Grupo 54	162 992,0
	Grupo 56	-	Grupo 55	86 490,1
	Grupo 57	-	Grupo 58	150 986,0
	Grupo 58	-	Grupo 59	283 484,0
	Grupo 59	-	Grupo 54	102 467,0
	Grupo 59	-	Grupo 60	238 446,0
	Grupo 60	-	Grupo 52	377 585,0
	Grupo 61	-	Grupo 60	84 258,8
	Grupo 62	-	Grupo 63	37 719,9
	Grupo 63	-	Grupo 65	79 371,2
	Grupo 64	-	Grupo 51	21 197,5
	Grupo 65	-	Grupo 51	276 365,0
	Grupo 66	-	Grupo 65	178 187,0
	Grupo 67	-	Grupo 66	35 010,4
	Grupo 68	-	Grupo 66	100 037,0
	Grupo 69	-	Grupo 68	37 401,1
	Espanha	-	Grupo 47	211 365,0

## Anexo IX: Análise dos fluxos de transporte para o cenário 3.

	Fluxo Custo mínimo			
	Origem	Transbordo**	Destino	Quant. Transportada
	Grupo 1*	150 720,21	Grupo 2	150 720,21 (Ferrovia)
	Grupo 2*	66 461,40	Grupo 5	217 181,61 (Ferrovia)
	Grupo 3	-	Grupo 5	57 961,1 (Rodovia)
	Grupo 4	-	Grupo 5	59 023,7 (Rodovia)
	Grupo 5*	315 200,00	Grupo 9	784 574 (Ferrovia)
	Grupo 6	-	Grupo 7	133 401 (Rodovia)
	Grupo 7*	252 192,00	Grupo 5	252 192 (Ferrovia)
	Grupo 8*	93 768,50	Grupo 10	93 768,5 (Ferrovia)
	Grupo 9*	190 671,00	Grupo 16	97 524,5 (Ferrovia)
	Grupo 10*	142 592,00	Grupo 14	236 360 (Ferrovia)
	Grupo 11*	64 708,20	Grupo 12	64 708,2 (Ferrovia)
	Grupo 12*	79 583,70	Grupo 26	144 292 (Ferrovia)
	Grupo 13	-	Grupo 14	106 944 (Rodovia)
	Grupo 14*	256 495,00	Grupo 16	882 777 (Ferrovia)
	Grupo 16*	48 079,60	Grupo 15	1 906 102,2 (Ferrovia)
	Grupo 15	-	Fábrica TNC Setúbal	31 397,8 (Rodovia)
	Grupo 15	1 906 102,20	Fábrica TNC Setúbal*	1 906 102,2 (Ferrovia)
	Grupo 17*	60 245,60	Grupo 14	111 088 (Ferrovia)
	Grupo 18*	10 465,90	Grupo 17	50 842,2 (Ferrovia)
	Grupo 19*	40 376,20	Grupo 18	40 376,2 (Ferrovia)
	Grupo 20*	55 889,20	Grupo 21	55 889,2 (Ferrovia)
	Grupo 21*	24 332,00	Grupo 22	80 221,2 (Ferrovia)
	Grupo 22*	48 929,60	Grupo 32	129 151 (Ferrovia)
	Grupo 23*	66 195,80	Grupo 14	278 834 (Ferrovia)
	Grupo 24	-	Grupo 29	60 936,2 (Rodovia)
	Grupo 25*	102 534,00	Grupo 29	657 100 (Ferrovia)
	Grupo 26*	72 358,40	Grupo 25	216 650 (Ferrovia)
	Grupo 27	-	Fábrica TNC V.V. Ródão	83 196,3 (Rodovia)
	Grupo 27	66 803,70	Fábrica TNC V.V. Ródão*	66 803,7 (Ferrovia)
	Grupo 27	-	Grupo 25	337 915 (Ferrovia)
	Grupo 28	-	Grupo 29	60 086,2 (Rodovia)
	Grupo 29*	157 414,00	Grupo 23	212 638 (Ferrovia)
	Grupo 29*	157 414,00	Grupo 31	601 876 (Ferrovia)
	Grupo 30	-	Grupo 31	47 495,2 (Rodovia)
	Grupo 31*	158 583,00	Grupo 32	760 458 (Ferrovia)
	Grupo 32*	53 764,10	Fábrica TNC Figueira da Foz	53764,1 (Ferrovia)
	Grupo 32	1 975 000,00	Fábrica TNC Figueira da Foz*	1 975 000 (Ferrovia)
	Grupo 33	-	Grupo 31	32 407,2 (Rodovia)
	Grupo 34	-	Grupo 39	31 716,6 (Rodovia)
	Grupo 35*	197 684,00	Grupo 27	404 719 (Ferrovia)
	Grupo 36*	117 197,00	Grupo 35	207 034 (Ferrovia)
	Grupo 37*	89 837,10	Grupo 36	89 837,1 (Ferrovia)
	Grupo 38	-	Grupo 41	63 964,4 (Rodovia)

	Fluxo Custo mínimo			
	Origem	Transbordo**	Destino	Quant. Transportada
	Grupo 39*	70 552,10	Grupo 32	1 031 630 (Ferrovia)
	Grupo 40*	83 461,90	Grupo 39	354 288 (Ferrovia)
	Grupo 41*	100 994,00	Grupo 39	606 787 (Ferrovia)
	Grupo 42	-	Fábrica TNC Aveiro	26 722,7 (Rodovia)
	Grupo 42	855 777,00	Fábrica TNC Aveiro*	855 777 (Ferrovia)
	Grupo 42	-	Grupo 40	270 826 (Ferrovia)
	Grupo 43	-	Grupo 40	42 713,8 (Rodovia)
	Grupo 44*	111 460,00	Grupo 41	505 793 (Ferrovia)
	Grupo 45*	87 446,40	Grupo 44	394 334 (Ferrovia)
	Grupo 46	-	Grupo 45	49 514 (Rodovia)
	Grupo 47	-	Espanha	95 521,6 (Rodovia)
	Espanha*	306 887,00	Grupo 47	306 887 (Ferrovia)
	Grupo 47	-	Grupo 45	306 887 (Ferrovia)
	Grupo 48	-	Grupo 44	46 485,8 (Rodovia)
	Grupo 49	-	Grupo 50	52 382,8 (Rodovia)
	Grupo 50*	67 523,90	Grupo 42	1 126 600 (Ferrovia)
	Grupo 51*	29 591,50	Grupo 50	1 059 080 (Ferrovia)
	Grupo 52*	26 032,00	Grupo 64	647 667 (Ferrovia)
	Grupo 53*	362 961,00	Grupo 52	551 986 (Ferrovia)
	Grupo 54*	162 992,00	Grupo 53	525 953 (Ferrovia)
	Grupo 55	-	Grupo 54	162 992 (Rodovia)
	Grupo 56	-	Grupo 55	86 490,1 (Rodovia)
	Grupo 57	-	Grupo 58	150 986 (Rodovia)
	Grupo 58	-	Grupo 59	283 484 (Rodovia)
	Grupo 59	-	Grupo 54	340 913 (Rodovia)
	Grupo 60	-	Grupo 52	54 879,8 (Rodovia)
	Grupo 61	-	Grupo 62	84 258,8 (Rodovia)
	Grupo 62	-	Grupo 63	121 979 (Rodovia)
	Grupo 63*	163 630,00	Grupo 65	163 630 (Ferrovia)
	Grupo 64*	21 197,50	Grupo 51	668 864 (Ferrovia)
	Grupo 65*	18 806,80	Grupo 51	360 623 (Ferrovia)
	Grupo 66*	105 775,00	Grupo 65	178 187 (Ferrovia)
	Grupo 67*	35 010,40	Grupo 66	72 411,6 (Ferrovia)
	Grupo 68	-	Grupo 66	62 636,3 (Rodovia)
	Grupo 69*	37 401,10	Grupo 67	37 401,1 (Ferrovia)

**Nota:**

\* transbordo de madeira ocorre na origem

\* transbordo de madeira ocorre no destino

## Anexo X: Análise dos fluxos de transporte para o cenário 4.

Fluxo Custo mínimo				
	Origem	Transbordo**	Destino	Quant. Transportada
T r a n s p o r t e  i n t e r m o d a l  c / t r a n s b o r d o s  f u t u r o s	Grupo 1	-	Grupo 7	150 720 (Rodovia)
	Grupo 2	-	Grupo 3	66 461,4 (Rodovia)
	Grupo 3	-	Grupo 5	124 423 (Rodovia)
	Grupo 4	-	Grupo 5	59 023,7 (Rodovia)
	Grupo 5	-	Grupo 9	381 662 (Rodovia)
	Grupo 6	-	Grupo 7	133 401 (Rodovia)
	Grupo 7	-	Grupo 8	402 912 (Rodovia)
	Grupo 8	-	Grupo 10	496 681 (Rodovia)
	Grupo 9*	572 333	Grupo 16	572 333 (Ferrovia)
	Grupo 10*	783 564	Grupo 14	783 564 (Ferrovia)
	Grupo 11	-	Grupo 10	64 708,2 (Rodovia)
	Grupo 12	-	Grupo 10	79 583,7 (Rodovia)
	Grupo 13	-	Grupo 14	106 944 (Rodovia)
	Grupo 14*	395 953	Grupo 16	1 169 550 (Ferrovia)
	Grupo 15	-	Fábrica TNC Setúbal	195 612 (Rodovia)
	Grupo 15	1 741 890	Fábrica TNC Setúbal*	1 741 890 (Ferrovia)
	Grupo 16	-	Grupo 15	164 214 (Rodovia)
	Grupo 16	-	Grupo 15	1 741 890 (Ferrovia)
	Grupo 17	-	Grupo 16	116 135 (Rodovia)
	Grupo 17	-	Grupo 14	50 842,2 (Ferrovia)
	Grupo 18*	50 842	Grupo 17	50 842,2 (Ferrovia)
	Grupo 19	-	Grupo 18	40 376,2 (Rodovia)
	Grupo 20	-	Grupo 17	55 889,2 (Rodovia)
	Grupo 21	-	Grupo 22	24 332 (Rodovia)
	Grupo 22	-	Grupo 23	73 261,6 (Rodovia)
	Grupo 23	-	Grupo 14	78 625,9 (Rodovia)
	Grupo 23	-	Grupo 29	60 804,5 (Rodovia)
	Grupo 24	-	Grupo 29	60 936,2 (Rodovia)
	Grupo 25	-	Grupo 29	174 893 (Rodovia)
	Grupo 26	-	Grupo 25	72 358,4 (Rodovia)
	Grupo 27	-	Fábrica TNC V.V. Ródão	150 000 (Rodovia)
	Grupo 27	-	Grupo 28	130 880 (Rodovia)
	Grupo 28	-	Grupo 29	190 967 (Rodovia)
	Grupo 29*	571 487	Grupo 31	571 487 (Ferrovia)
	Grupo 30	-	Grupo 29	47495,2 (Rodovia)
	Grupo 31	-	Grupo 32	78680,5 (Rodovia)
	Grupo 31	-	Grupo 32	571 487 (Ferrovia)
Grupo 32*	164 852	Fábrica TNC Figueira da Foz	1 97 5000 (Ferrovia)	
Grupo 33	-	Grupo 32	32 407,2 (Rodovia)	
Grupo 34	-	Grupo 39	31 716,6 (Rodovia)	
Grupo 35	-	Grupo 27	197 684 (Rodovia)	
Grupo 36	-	Grupo 37	117 197 (Rodovia)	
Grupo 37	-	Grupo 38	207 034 (Rodovia)	

Fluxo Custo mínimo				
	Origem	Transbordo**	Destino	Quant. Transportada
T r a n s p o r t e  i n t e r m o d a l  c / t r a n s b o r d o s  f u t u r o s	Grupo 38	-	Grupo 39	270 999 (Rodovia)
	Grupo 39*	713 756	Grupo 32	1 238 660 (Ferrovia)
	Grupo 40	-	Grupo 39	40 748,1 (Rodovia)
	Grupo 40	-	Grupo 39	313 540 (Ferrovia)
	Grupo 41	-	Grupo 39	331 457 (Rodovia)
	Grupo 41	-	Grupo 39	211 365 (Ferrovia)
	Grupo 42	-	Fábrica TNC Aveiro	136 960 (Rodovia)
	Grupo 42	-	Grupo 40	313540 (Ferrovia)
	Grupo 42	745 540	Fábrica TNC Aveiro*	745540 (Ferrovia)
	Grupo 43	-	Grupo 42	42 713,8 (Rodovia)
	Grupo 44	-	Grupo 41	294 428 (Rodovia)
	Grupo 44	-	Grupo 41	211 365 (Ferrovia)
	Grupo 45	-	Grupo 44	182 968 (Rodovia)
	Grupo 45	-	Grupo 44	211 365 (Ferrovia)
	Grupo 46	-	Grupo 45	49 514 (Rodovia)
	Grupo 47	-	Grupo 45	95 521,6 (Rodovia)
	Grupo 47	-	Grupo 45	211 365 (Ferrovia)
	Grupo 48	-	Grupo 44	46 485,8 (Rodovia)
	Grupo 49	-	Grupo 42	52 382,8 (Rodovia)
	Grupo 50	-	Grupo 42	15 141,1 (Rodovia)
	Grupo 50	-	Grupo 42	1 059 080 (Ferrovia)
	Grupo 51*	1 059 080	Grupo 50	1 059 080 (Ferrovia)
	Grupo 52	-	Grupo 51	66 833,3 (Rodovia)
	Grupo 53	-	Grupo 52	26 032 (Rodovia)
	Grupo 54	-	Grupo 60	185 040 (Rodovia)
	Grupo 55	-	Grupo 54	162 992 (Rodovia)
	Grupo 56	-	Grupo 55	864 90,1 (Rodovia)
	Grupo 57	-	Grupo 58	150 986 (Rodovia)
	Grupo 58	-	Grupo 59	2834 84 (Rodovia)
	Grupo 59	-	Grupo 60	340 913 (Rodovia)
	Grupo 60	-	Grupo 64	665 092 (Rodovia)
	Grupo 61	-	Grupo 60	84 258,8 (Rodovia)
	Grupo 61	-		37 719,9 (Rodovia)
	Grupo 62	-	Grupo 63	
	Grupo 63	-	Grupo 65	79 371,2 (Rodovia)
	Grupo 64	-	Grupo 51	686 290 (Rodovia)
	Grupo 65	-	Grupo 51	276 365 (Rodovia)
Grupo 66	-	Grupo 65	178 187 (Rodovia)	
Grupo 67	-	Grupo 66	35 010,4 (Rodovia)	
Grupo 68	-	Grupo 66	100 037 (Rodovia)	
Grupo 69	-	Grupo 68	37 401,1 (Rodovia)	
Espanha*	211 365,00	Grupo 47	211 365 (Ferrovia)	

Nota:

\* transbordo de madeira ocorre na origem

\* transbordo de madeira ocorre no destino