

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

José Miguel Rodrigues Silva Dias

# **Análise comparativa do consumo de biomassa para fins energéticos**

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de  
Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efectuado sob orientação de  
**Professor Doutor Manuel Eduardo Cardoso Ferreira**  
**Professor Doutor José Carlos Teixeira**

## AGRADECIMENTOS

Anos difíceis se têm vivido no nosso país, eu como tantos outros colegas que pelo mesmo passaram, rejubilo de satisfação por ter finalmente concretizado com sucesso esta oportunidade que me foi dada.

Todo o meu percurso acadêmico revelou ser um caminho longo, árduo e cheio de provações, mais foram as vezes em que não acreditei que fosse possível completar esta tarefa.

Durante todo esse tempo nunca deixei de contar com o apoio incondicional dos meus pais, independentemente do quão impossível e interminável parecesse. Sempre presentes como conselheiros, amigos e confidentes, batalharam a meu lado para que concretizasse esta etapa tão significativa da vida.

Ao meu Professor Eduardo, a quem mais devo por tudo o que por mim fez, por todos os conselhos, por todas as conversas, por todas as lições, por todas as oportunidades, por toda a paciência, tenho o prazer de hoje o poder considerar um Amigo.

Não poderia terminar sem antes referir todos os meus amigos, que por acaso ou não, propositadamente ou involuntariamente, através das suas vivências e experiências, me deram outras perspectivas, ensinaram outros caminhos, que no seu todo me ajudaram a atingir o sucesso nesta etapa.

A todos, um muito sincero obrigado.

## RESUMO

A aposta na Biomassa Florestal como fonte de energia é uma realidade, contudo é possível verificar que Portugal não tem ainda as condições necessárias para atingir o seu máximo potencial neste domínio.

Portugal possui uma vasta área florestal da qual dispõe inúmeros recursos, no entanto faltam as condições necessárias para atingir a máxima rentabilidade sobre eles. Os incentivos do estado são poucos, as burocracias, taxas e impostos são muitos, de forma que potenciais investidores se sentem desencorajados a investir na área. É também uma realidade que pelo facto da maior parte das áreas florestais estarem fragmentadas em parcelas diminutas, pertencentes a particulares, se vê a sua manutenção e aproveitamento dificultada.

Neste trabalho foi feita uma tentativa de reunir a informação mais atual e relevante no que respeita à Biomassa Florestal, desde uma análise das áreas de ocupação das principais espécies florestais, passando pelos seus modelos silvícolas e ainda a sua importância para a indústria/mercado.

Ao mesmo, tentou realizar-se uma análise do estado atual da indústria que depende da fileira florestal para exercer as suas atividades, mais propriamente do Sector da Energia (centrais dedicadas), Sector do Papel e Cartão, e Indústria de Produção de Pellets Energéticas, sendo que o principal objetivo desta análise é avaliar a evolução real das necessidades do mercado da biomassa, quer ao nível dos produtores, quer dos consumidores.

## ABSTRACT

The focus on Forest Biomass for energy is a reality, Portugal however does not have the conditions necessary to achieve its full potential in this sector.

Portugal has a vast forest area which offers numerous features, but lacks the necessary conditions to achieve maximum return on them. State incentives are few, bureaucracies, taxes and charges are many, making potential investors feel discouraged to invest in the sector. It is also a reality that because of most forest lands are fragmented into small plots owned by private individuals, that the use and maintenance of them become more difficult.

In this paper an attempt was made to gather the most current and relevant information regarding Forest Biomass, starting from an analysis of the occupation areas of the main forest species, going through their forestry models and also its importance for industry/market.

At the same time, an attempt was made to perform an analysis about the current state of the industry that depends on the forestry sector to perform its activities, more specifically the Energy Sector (Biomass Dedicated Power Plants), the Paper and Card Sector, and Pellets Production Industry, being the main goal of this analysis, the assessment about the evolution of the biomass market necessities, both in terms of producers and consumers.

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
SIGLAS E ACRÓNIMOS	vi
LISTA DE SÍMBOLOS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. IMPACTO ECONÓMICO	2
1.2. ÂMBITO E MOTIVAÇÃO	5
1.3. OBJECTIVOS DA TESE	6
2. DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS FLORESTAIS	7
2.1. PINHEIRO BRAVO	9
2.2. EUCALIPTO	10
2.3. SOBREIRO	11
2.4. PINHEIRO MANSO	12
2.5. CULTURAS ENERGÉTICAS E OUTRAS ESPÉCIES COM INTERESSE COMERCIAL	13
3. CONSUMO DE BIOMASSA PARA FINS ENERGÉTICOS	15
3.1 O MERCADO DA BIOMASSA FLORESTAL	15
3.2 CENTRAIS TERMOELÉTRICAS DEDICADAS	18
3.3 INDÚSTRIA DE PELLETS	24
3.4 INDÚSTRIA DO PAPEL E CARTÃO	29
4. CÁLCULO ANALÍTICO	32
4.1 CENTRAL TERMOELÉTRICA DEDICADA	32
5. CONCLUSÃO	39
BIBLIOGRAFIA	40

## SIGLAS E ACRÓNIMOS

BCE	Banco Central Europeu
BFP	Biomassa Florestal Primária
BFR	Biomassa Florestal Residual
CAOF	Comissão de Acompanhamento das Operações Florestais
CMDFCI	Comissão Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios
CTBF	Centrais Termoelétricas a Biomassa Florestal
DL	Decreto-lei
FER	Fontes de Energias Renováveis
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
IRC	Imposto sobre o rendimento das pessoas colectivas
IVA	Imposto sobre o valor acrescentado
PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
PEFC	<i>Programme for the Endorsement of Forest Certification</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PRODER	Programa de Desenvolvimento Rural
SBC	Saldo da Balança Comercial

## LISTA DE SÍMBOLOS

$H_{\text{Operação}}$	Tempo de trabalho contínuo da CTBF;	[horas]
$P$	Potência bruta instalada na CTBF;	[MW]
$E_{\text{produzida}}$	Energia produzida num ano pela CTBF;	[MWh/ano]; [kJ]
$E_{\text{consumida}}$	Energia consumida pelos equipamentos da CTBF;	[MWh/ano]
$E_{\text{perdas}}$	Perdas de energia relativas ao transporte até à subestação elétrica;	[MWh/ano]
$E_{\text{efectiva}}$	Valor da energia produzida que foi vendida à rede;	[MWh/ano]
$BiO_{\text{consumida}}$	Biomassa consumida num ano;	[ton/ano]
$BiO_{\text{consumida/h}}$	Fluxo de fornecimento de biomassa na caldeira de combustão;	[ton/hora]
$E_{\text{produzida GN}}$	Energia obtida através da queima de Gás Natural;	[kJ]
$GN_{\text{consumido}}$	Consumo anual de Gás Natural;	[ton/ano]; [m <sup>3</sup> /ano]
$\rho_{GN}$	Massa volúmica do Gás Natural;	[kg/ m <sup>3</sup> ]
$Custo_{GN}$	Despesa anual com o Gás Natural;	[€/ano]
$Custo_{\text{Biomassa}}$	Despesa anual com Biomassa Florestal;	[€/ano]
$Tarifa_{\text{bio}}$	Preço de compra da energia proveniente da queima de biomassa nas CTBF;	[€/MWh]
$Lucro_{\text{ano}}$	Lucro anual da venda de energia à rede elétrica;	[€/ano]

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Distribuição do Pinheiro Bravo em Portugal (Infopédia 2003 - 2015)	9
Figura 2.2 - Distribuição do Eucalipto em Portugal (Infopédia 2003 - 2015)	10
Figura 2.3 - Distribuição do Sobreiro em Portugal (Infopédia 2003 - 2015)	11
Figura 2.4 - Distribuição do Pinheiro Manso em Portugal (Infopédia 2003 - 2015)	12
Figura 3.1 - Evolução das exportações (esq) e das importações (dir) do sector florestal (APFC 2015)	16
Figura 3.2 - Evolução do consumo de rolaria de Eucalipto em Portugal (APFC 2015)	17
Figura 3.3 - Evolução do consumo de rolaria de Pinho em Portugal (APFC 2015)	17
Figura 3.4 - Mapa do Concurso Público das Centrais Termoelétricas a Biomassa Florestal, adapt. (Freitas 2009)	21
Figura 3.5 - Evolução da Produção de Energia Elétrica Portuguesa, adaptado (ADENE 2015)	23
Figura 3.6 - Mapa de Produtores de Pellets (Unidades de Produção de Pellets 2013)	27
Figura 3.7- Consumo de Biocombustíveis do Sector do Papel e Cartão (CELPA 2014)	29
Figura 3.8 - Produção vs Consumo de Energia Elétrica pelo Sector do Papel e Cartão (CELPA 2014)	29
Figura 3.9 - Perfil de Combustíveis em Cogeração do Sector Pasta e Papel - adaptado (CELPA 2014)	30
Figura 3.10 - Fontes de Energia Primária do Grupo Portucel em 2013 - adaptado (Grupo Portucel 2013)	31
Figura 4.1 - Diagrama de Produção de E.E. da Central de Biomassa de Rodão (EDP, Energias de Portugal 2015)	32
Figura 4.2 - Esquema de Produção de Energia Elétrica numa Central Termoelétrica (Freitas 2009)	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Áreas Florestais das Espécies Mais Dominantes em ha (ICNF, 2013. Adaptado)	2
Tabela 1.2 - Contributo para o Saldo da Balança Comercial por Indústria (Unidades em Milhões de Euros, adaptado)	2
Tabela 1.3 - (PORDATA. ICNF/MAM 2014)	3
Tabela 2.1 - Evolução do Uso dos Solos (ICNF, 2013)	7
Tabela 2.2 - Evolução das áreas florestais por tipo de ocupação (ICNF, 2013)	8
Tabela 2.3 - Objectivos da produção de lenho, adaptado (Correia e Oliveira 2003)	9
Tabela 3.1 - Custos associados a operações de gestão e manutenção dos espaços florestais, adaptado (CAOF 2013/2014)	15
Tabela 3.2 - Preço da madeira de Eucalipto, adaptd (APFC 2015)	16
Tabela 3.3 - Valores Médios PCI, Adaptado, (APA 2008) (APA, COMÉRCIO EUROPEU DE LICENÇAS DE EMISSÃO 2009)	18
Tabela 3.4 - Quadro de Consumo de Biomassa Florestal –Adaptado (DNFF 2010)	20
Tabela 3.5 - Vantagens vs Desvantagens da Utilização de Tecnologias Baseadas em Biomassa Florestal	22
Tabela 3.6 - Capacidade Produtiva das Empresas Associadas à Área de Produção de Pellets	24
Tabela 3.7 - Produção de Comércio de Pellets na U.E. em 10 <sup>3</sup> ton (Eurostat 2014)	26

# 1. INTRODUÇÃO

O recurso a fontes de energias renováveis (FER) é uma opção apetecível face à circunstância geológica de Portugal, uma vez que carece de fontes de combustíveis fósseis.

Existem várias definições que explicam o conceito de “Biomassa”, no entanto aquela que mais nos interessará para este trabalho será aquela que define biomassa como – *“toda a matéria orgânica, de origem vegetal e/ou animal, passível de ser utilizada como fonte de energia renovável, sob a forma de eletricidade, calor ou combustível”* (CAM 2013). O recurso a esta forma de energia pode então traduzir-se numa alternativa viável, contribuindo para a redução da dependência energética de combustíveis fósseis a nível económico, e ao mesmo tempo possibilitando a redução dos níveis de poluição derivados da queima desses mesmos combustíveis, como o carvão, petróleo, gás natural, etc. (CCE 2004).

## 1.1. IMPACTO ECONÓMICO

Uma vez que é do interesse dos portugueses reduzir a sua despesa pública, através da redução da dependência energética, faz todo o sentido ter um conhecimento amplo acerca dos recursos primários que têm ao seu dispor, os quais podem e devem recorrer, nomeadamente aos recursos florestais mais abundantes e a forma como esses podem ser usados em seu proveito. Para o efeito, e segundo o estudo levado a cabo pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) no período compreendido entre 1995 e 2010, são reveladas alterações significativas na distribuição da área florestal:

Tabela 1.1 - Áreas Florestais das Espécies Mais Dominantes em ha (ICNF, 2013. Adaptado)

Espécie dominante	1995	2005	2010
Pinheiro Bravo	977 883	795 489	714 445
Eucalipto	717 246	785 762	811 943
Sobreiro	746 828	731 099	736 775

Através da Tabela 1.1 é possível verificar um aumento significativo da área de ocupação dos eucaliptais e montados de sobreiro em detrimento do Pinheiro Bravo. No entanto estas alterações podem ser vistas de maneiras diferentes: negativas pelo impacto ambiental que podem causar nas zonas mais afectadas, ou positivas pelas novas oportunidades que poderão surgir com a reestruturação e aproveitamento dos espaços agro-florestais atingidos.

Em Portugal, atividades relacionadas com a gestão dos recursos florestais sempre tiveram uma grande importância a nível económico. De facto a indústria da madeira, cortiça e papel representam uma importante fatia do bolo económico português, com cerca de 8,1%<sup>(1)</sup> (INE 2013) do total das exportações de todos os bens transaccionados em 2013. Como se pode verificar na Tabela 1.2, estas atividades contribuíram positivamente para o saldo da balança comercial portuguesa nos 3 anos apresentados.

Tabela 1.2 - Contributo para o Saldo da Balança Comercial por Indústria (Unidades em Milhões de Euros, adaptado)

	2011			2012			2013		
	I	E	SBC	I	E	SBC	I	E	SBC
Indústrias									
Madeira e Cortiça	754,4	1432,4	687,1	626	1456,8	830,9	684,8	1518,7	833,9
Papel e Cartão	1367,4	2178,4	811,1	1134	2208,2	1074,3	1162,9	2305,9	1142,9
Bens Transaccionados	59 551,4	42 828	-16 723,4	56 374,1	45 213,0	-11 161,1	56 906,1	47 266,5	-9 639,6

(1) Valor calculado.

No entanto, o verdadeiro interesse deste trabalho prende-se com a análise do valor que a indústria da transformação e reaproveitamento dos excedentes residuais das atividades relacionadas com as indústrias supracitadas, têm para a economia portuguesa. Para tal convém entender a origem de algumas medidas tomadas pelos governos e entidades responsáveis na área, com as possíveis razões que levaram à situação que atualmente se vive.

É do conhecimento geral que Portugal é assolado por violentos incêndios todos os anos nas épocas de maior calor, e 2003 foi o ano em que se registou a maior quantidade de área ardida em solo nacional, como é possível verificar na Tabela 1.3.

Tabela 1.3 - (PORDATA. ICNF/MAM 2014)

**Incêndios florestais e área ardida – Continente**

(A) Incêndio florestal (B) Hectare (ha)

Anos	Incêndios florestais (A)	Área ardida (B)		
		Total	Povoamentos florestais (B)	Matos (B)
2000	34.107	159.605	68.646	90.958
2001	25.947	112.312	45.617	66.695
2002	26.576	124.619	65.164	59.455
2003	26.219	425.839	286.055	139.784
2004	22.165	130.108	56.271	73.836
2005	35.824	339.089	213.921	125.168
2006	20.444	76.058	36.320	39.738
2007	20.316	32.595	9.829	22.766
2008	14.930	17.565	5.461	12.103
2009	26.136	87.421	24.097	63.323
2010	22.027	133.091	46.079	87.011
2011	25.222	73.829	20.044	53.785
2012	21.176	110.232	48.067	62.165
2013	19.291	152.756	55.673	97.083

Por forma a tentar reduzir o número de incidências, foram criadas diversas medidas e organizações (Silva, Deus e Saldanha 2008), com o objectivo de tentar prevenir, alertar, e controlar o número de incêndios. No entanto permanece a sensação de que nada mudou ao longo do tempo. De facto, com a exceção do ano de 2008, o número de incidências mantém-se na média dos 20 000/ano, tal como se apresenta na tabela anterior, e no que toca ao aproveitamento direto dos recursos florestais provenientes das operações de limpeza e gestão das zonas atingidas, e dos espaços florestais em geral, o estado falha miseravelmente.

Através da delegação das responsabilidades de gestão dos espaços florestais para os municípios - CMDFCI (Comissão Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios), o estado divide as responsabilidades por mais entidades, aumentando exponencialmente a

burocracia envolvida nos processos de gestão dos mesmos, tornando a exploração dos espaços florestais por entidades privadas mais difícil, e por sua vez aumentando a ineficiência no combate aos incêndios.

Previendo um futuro difícil no panorama económico nacional, o estado português lança um concurso público dentro das metas do plano da Estratégia Nacional para a Energia, para a criação de 15 novas centrais termoelétricas a biomassa florestal residual (BFR), perfazendo um total de 100MVA acrescidos da potência já instalada, de um total de 250 MVA posteriormente proposto em 2007 com termo de conclusão em 2010 (Enersilva 2007), para fazer face á crescente dependência energética da população. Atualmente, apenas 2 centrais que foram a concurso se encontram em funcionamento, a *Ecotator* no concelho de Belmonte, e a *Palser* no conselho da Sertã (CAM 2013). Ao mesmo tempo vão sendo lançados inúmeros estudos de viabilidade económica acerca dos custos de operação e exploração dos recursos florestais, onde o principal objectivo é determinar a sua rentabilidade (CBE 2008), e ao mesmo tempo fomentar a criação de projetos como os das centrais supracitadas.

Será possível imaginar que as entidades que se lançaram ao concurso emitido pelo estado tivessem encomendado estudos de viabilidade como o mencionado acima, onde estimavam conservadoramente custos de exploração que rondariam os 26 €/ton de matéria-prima (CBE 2008).No entanto, e por motivos de força maior, a obtenção de licenciamento e adjudicação dos demais projetos chegou demasiado tarde, pelo que os estudos emitidos entre 2005 e 2008 ficaram completamente obsoletos, ou seja, os custos de exploração da matéria-prima acabaram por variar tremendamente face ao que seria esperado pelos consórcios candidatos a concurso público.

Com o início da crise financeira na União Europeia em 2008, devido à explosão da “bolha” do sector do imobiliário nos Estados Unidos (Havemann 2008), grandes consórcios do sector financeiro colapsam (ex.: *Bear Sterns*), e inúmeras entidades bancárias vêm-se à mercê da insolvência. Portugal passa a estar envolvido num esquema do qual não consegue sair, uma vez que a proeminência da sua economia não é forte o suficiente para equilibrar o saldo da balança comercial, i.e. o PIB português inferior ao valor das importações no mesmo período (INE 2014), levando a que tenha de recorrer ao BCE (Banco Central Europeu) para renegociação da compra de dívida soberana. No entanto este retrai-se por motivos de incerteza e falta de confiança nos mercados financeiros (BCE 2009), e a situação agrava-se para os portugueses.

Com a contração da banca portuguesa, os possíveis investidores privados, envolvidos nos projetos das centrais dedicadas, viram-se agora em maiores dificuldades na obtenção de crédito para o financiamento dos mesmos, e sendo o estado português o único cofinanciador ainda em jogo, tendo em conta a sua situação corrente, acabou por indeferir muitos dos projetos propostos por falta de capital.

Por outro lado, os produtores de biomassa florestal foram também vítimas da crise, e viram as suas atividades económicas em risco, uma vez que, devido ao aumento dos preços dos combustíveis, do aumento do IRC para as empresas, do aumento do IVA e outras taxas sobre serviços e produtos, para manter a rentabilidade dos seus negócios, teriam de os negociar a preços mais elevados, perto de 40€ a tonelada de matéria-prima, colocando em risco as propostas feitas pelas entidades que detinham o negócio das centrais dedicadas (AgroPortal 2006).

Uma vez que estas venderiam a energia produzida à rede eléctrica, à tarifa fixada entre 107 a 109 €/MWh, segundo o DL nº 225/2007, de 31 de Maio (DGEG 2015). O aumento do custo da biomassa tornava a exploração destas centrais menos lucrativas, chegando mesmo os modelos económicos a dar prejuízo.

Entre as razões supramencionadas, existiram ainda outras, que levaram à não conclusão dos projetos propostos no concurso de 2006, tais como a má localização das centrais, problemas com o aprovisionamento, logística e disponibilidade de matéria-prima e ainda burocracia excessiva nos procedimentos dos concursos lançados pela tutela (CAM 2013).

## 1.2. ÂMBITO E MOTIVAÇÃO

Sendo o Sector da Energia um sector tão importante para a economia nacional, a opinião pública e a das entidades concorrentes dentro do panorama energético é antagónica, pelo que as discussões sobre esta temática são controversas [ex.: (Prós e Contras 2012)], dificultando a compreensão acerca das propostas feitas e decisões tomadas pelos nossos governantes.

Toda a informação existente sobre o tema deste trabalho encontra-se dispersa e fragmentada, de forma que, quem a procura acaba por se sentir desencorajado a fazê-lo, sendo que a principal motivação por detrás da elaboração desta monografia será a criação de um

documento unificador da informação relevante ao tema, que permita ao leitor uma compreensão simplificada acerca dos recursos da Floresta e das opções existentes que facultam a sua valorização, delimitando-se esta análise a Portugal.

### 1.3. OBJECTIVOS DA TESE

O presente trabalho tem como principal objectivo, condensar a informação existente acerca dos recursos florestais existentes no país, a forma como esses são geridos e utilizados, quer em atividades industriais, quer a nível particular, transformando-se por isso numa ferramenta útil de consulta acerca da temática envolvente à biomassa florestal em Portugal. Outros objetivos que deverão ser atingidos são:

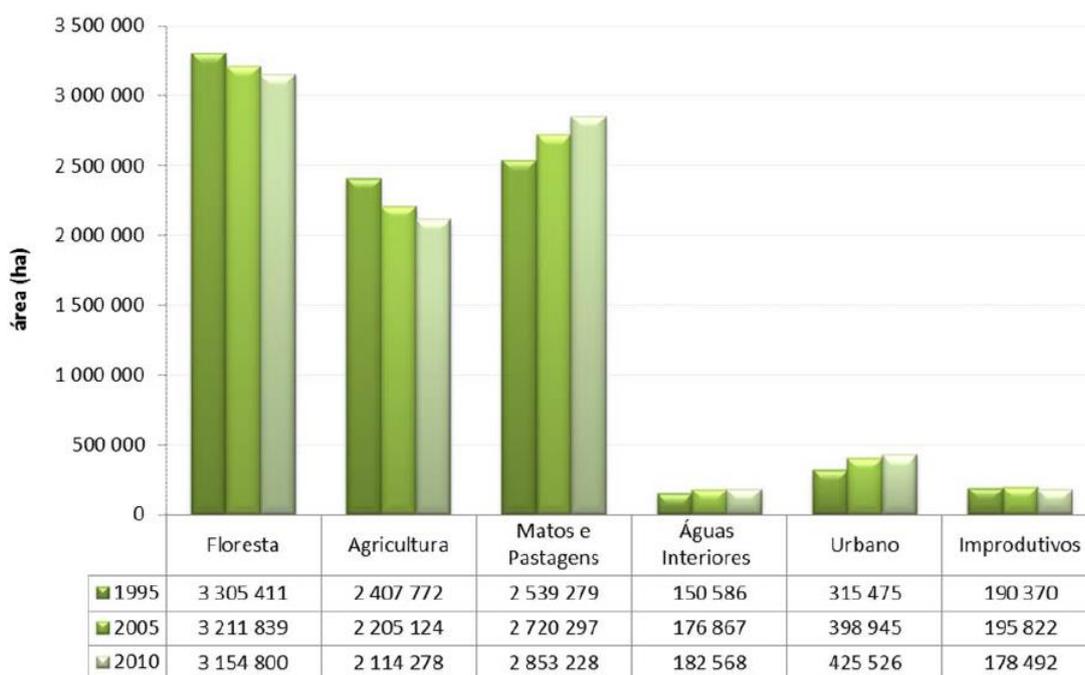
- Levantamento de informação acerca dos recursos florestais disponíveis para o uso na indústria.
- Levantamento do estado da arte referente ao consumo da biomassa de origem florestal pela indústria e pelo sector energético.
- Análise de um caso de estudo que envolva os custos envolvidos na implementação de uma Central Dedicada a Biomassa Florestal.

## 2. DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS FLORESTAIS

As florestas são essenciais ao equilíbrio dos ecossistemas e à vida humana: suportam grande biodiversidade, libertam oxigénio, são sumidouros de dióxido de carbono (principal gás com efeito de estufa), moderam as temperaturas, facilitam a infiltração da água no solo (e consequentemente a recarga dos aquíferos), fixam o solo e impedem a erosão. Estes serviços prestados pelos ecossistemas florestais constituem externalidades positivas que devem ser valorizadas. (QUERCUS 2015)

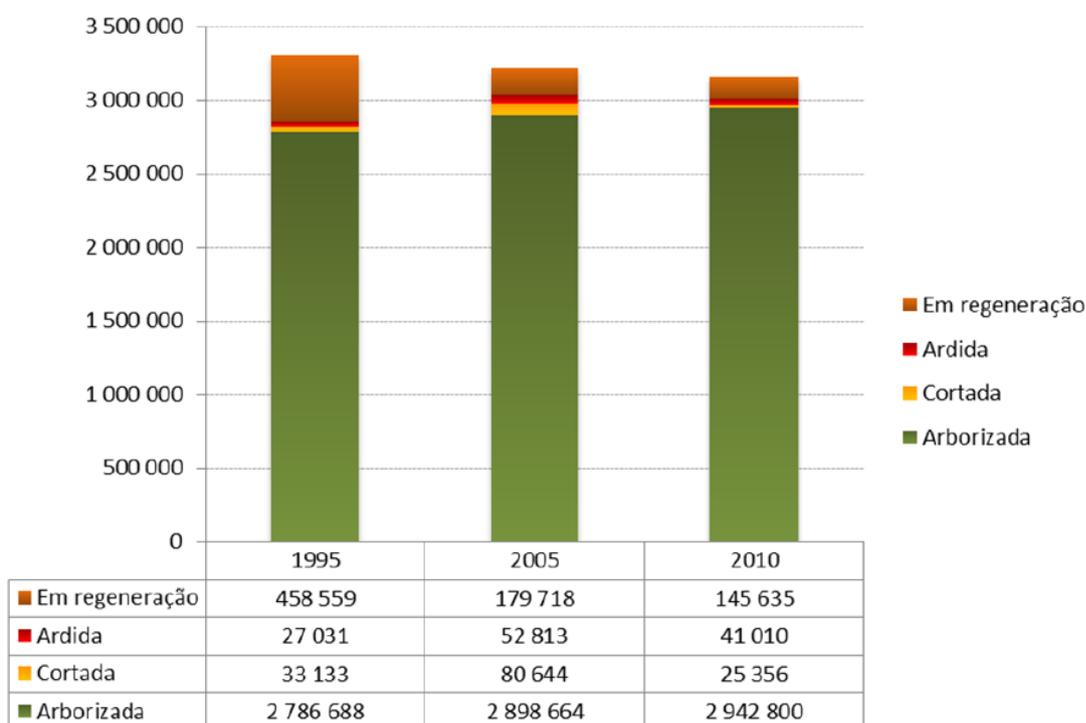
Ao longo do período 1995-2010 as áreas de floresta sofreram uma diminuição de 4,6%, o que corresponde a uma perda de cerca de 10 000 ha/ano. Segundo o ICNF a diminuição da cota florestal deve-se sobretudo à conversão desta, para a classe de uso “matos e pastagens”, cerca de 5% dos 3 305 411 ha apresentados na Tabela 2.1. Convém referir, que apesar de existir de facto uma diminuição global da área florestal, esta não é significativa, especialmente se se tiver em conta o número de incêndios que ocorreram no mesmo período, cerca de 422 078 incêndios, correspondendo a um total de 2 156 297 ha de área ardida (PORDATA. ICNF/MAM 2014), e ainda a ocorrência de doenças como o Nemátodo da Madeira do Pinheiro, que afecta especialmente o pinhal-bravo nacional.

Tabela 2.1 - Evolução do Uso dos Solos (ICNF, 2013)



A diminuição do valor global da área florestal deve-se principalmente a áreas correspondentes a superfícies temporariamente desarborizadas, nomeadamente superfícies ardidadas, cortadas e em regeneração, ver Tabela 2.2. Ao mesmo tempo poder-se-á concluir que os solos do território nacional demonstram uma grande aptidão natural para a floresta, uma vez que esta, apesar da diminuição que tem vindo a sofrer ao longo dos anos, e das agressões externas de que padece, consegue mostrar uma enorme resiliência e uma grande capacidade regenerativa. O apoio dos próprios proprietários florestais, que através de ações de arborização e reflorestação, conseguem recuperar as áreas florestais vítimas de incêndios, exploração excessiva, doenças, etc, prova ser um fator preponderante na recuperação das florestas (ICNF 2013).

Tabela 2.2 - Evolução das áreas florestais por tipo de ocupação (ICNF, 2013)



Tal como havia sido mencionado na introdução deste trabalho, é importante relacionar os recursos florestais existentes, com os sectores industriais que dependem deles. No entanto e devido à complexidade do universo de informação disponível, este trabalho focar-se-á apenas nas espécies com maior importância comercial para a indústria portuguesa.

## 2.1. PINHEIRO BRAVO

Das espécies abordadas neste tópico, o Pinheiro-Bravo foi a que sofreu a maior alteração quantitativa entre 1995 e 2010, sendo que passou de um valor total de 977 883 para 714 445 ha, respectivamente, o que corresponde até à data a cerca de 22,3 % do total da área florestal (PEFC 2013). Esta diminuição acentuada traduziu-se essencialmente na transformação de cerca de 165 000 ha de floresta de pinheiro em “matos e pastagens”, e cerca de 70 000 em eucaliptais.

Os modelos existentes sobre a silvicultura do Pinheiro-Bravo dependem essencialmente sobre o destino que as árvores terão, este por sua vez depende do tamanho (diâmetro) destas. Sendo o objectivo principal da silvicultura desta espécie a produção de lenho, apresenta-se na Tabela 2.3 com o destino das árvores mediante o diâmetro apresentado:

Tabela 2.3 - Objectivos da produção de lenho, adaptado (Correia e Oliveira 2003)

Características dos toros	Destino
Diâmetro > 35 cm, sem defeitos	- Desenrolamento e folha
Diâmetro > 20 cm	- Serração
Diâmetro > 14 cm < 20 cm	- Serração (tábuas para caixotaria)
Diâmetro < 14 cm	- Trituração (aglomerados, pasta de papel) - Impregnação
Diâmetro < 7 cm	- Lenha

Esta espécie pode ser encontrada em maior abundância nas zonas Norte e Centro do país, tal como apresentado na figura seguinte:

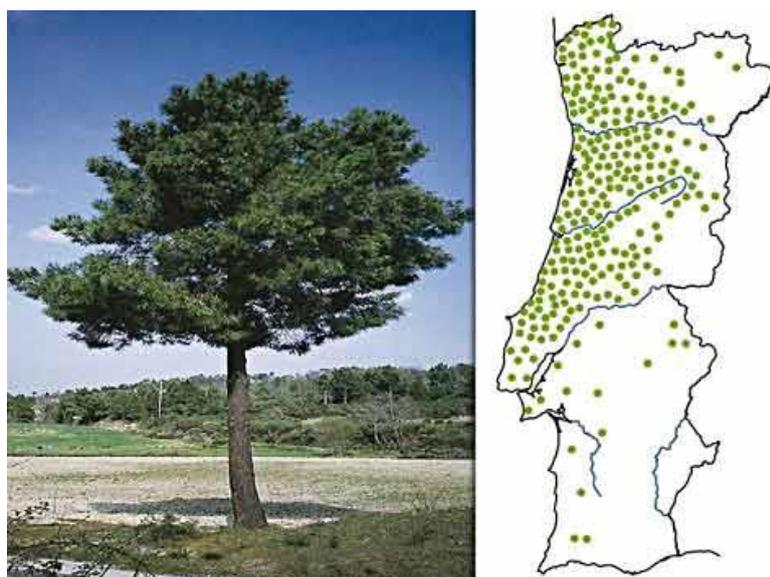


Figura 2.1- Distribuição do Pinheiro Bravo em Portugal (Infopédia 2003 - 2015)

## 2.2. EUCALIPTO

O eucalipto, não sendo uma espécie endógena a Portugal, registou no mesmo período um aumento significativo na ordem dos 3,1%, o que em valores totais significa um aumento de 94 697 ha, que tal como referido no ponto anterior, cerca de 70 000 ha ocupam agora uma área que outrora havia sido ocupada por Pinheiro-Bravo. Esta espécie cobre atualmente cerca de 811 943 ha, o que corresponde a cerca de 26,8% da área total da floresta. (António 2009)

Em termos silvícolas o eucalipto é explorado em talhadia de revolução curta, com uma duração que normalmente ronda entre os 10 e os 15 anos, destinando-se essencialmente à produção de pasta celulósica (Correia e Oliveira 2003).

Esta espécie prefere zonas litorais e a baixa altitude (inferior a 700 m) tal como se pode constatar pela sua distribuição na Figura 2.2:

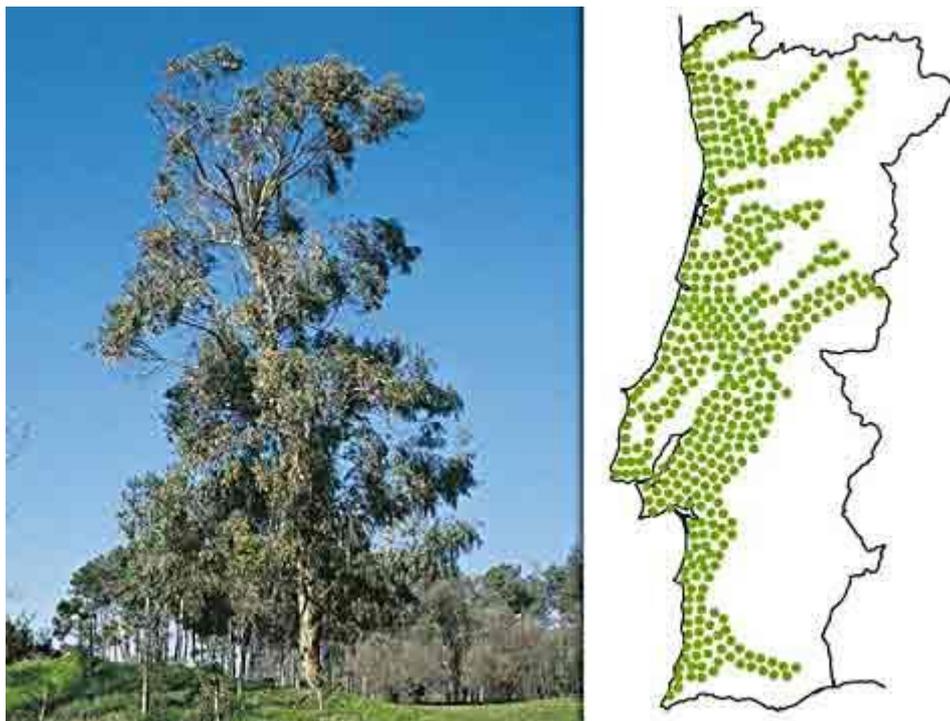


Figura 2.2 -Distribuição do Eucalipto em Portugal (Infopédia 2003 - 2015)

### 2.3. SOBREIRO

Por fim, o Sobreiro, que apesar de não ser uma espécie com valor económico no sector da energia, é um símbolo nacional e com elevado valor comercial ao nível da indústria corticeira.

A floresta de Sobreiro nacional representa cerca de 34% de toda a floresta desta espécie a nível mundial (Lamas s.d.).

Portugal, no caso da cortiça, além de possuir a maior área mundial de floresta de sobreiro, tem também a maior indústria corticeira do mundo. As rolhas de cortiça natural são o produto mais emblemático e mais importante em termos industriais. Cerca de 70% do total da cortiça explorada no mundo (300 mil toneladas) é colhida para este fim (Pereira 2014).

Globalmente, o Sobreiro sofreu um pequeno decréscimo no mesmo período considerado anteriormente, cobrindo até à data cerca de 736 775 ha. A título de curiosidade pode referir-se que ocorreu nesse período uma reconversão da área florestal ocupada pela espécie citada, onde 28 000 ha deram origem a “matos e pastagens”, e por outro lado, cerca de 18 000 ha de terrenos agrícolas deram origem a floresta de Sobreiro (ICNF 2013).

Tal como apresentado para as espécies anteriores, segue-se a Figura 2.3 onde se pode verificar que o Sobreiro tem maior expressão na região do Alentejo.

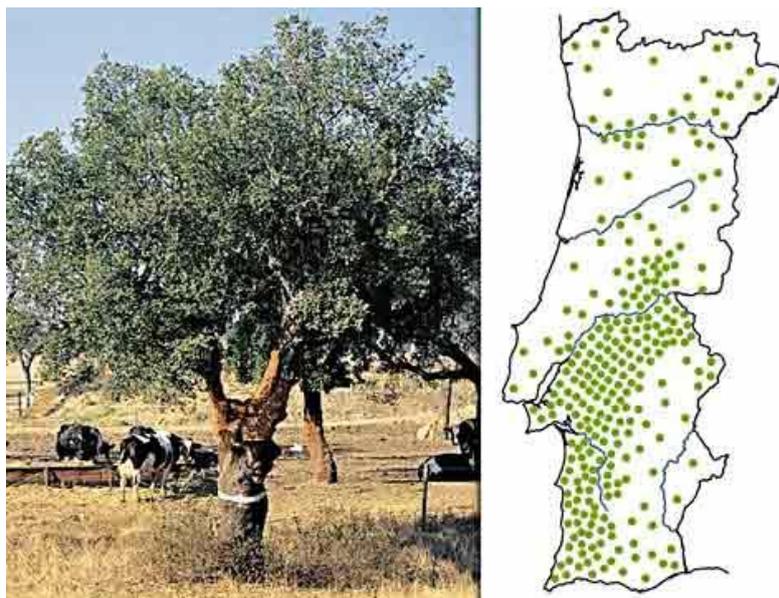


Figura 2.3 - Distribuição do Sobreiro em Portugal (Infopédia 2003 - 2015)

## 2.4. PINHEIRO MANSO

Esta espécie, apesar de não demonstrar um impacto tão grande, em termos de área de ocupação, como o eucalipto e o pinheiro-bravo, tem por sua vez bastante importância no mercado da biomassa, ainda que indiretamente, já que são os excedentes de outras áreas onde prima a sua utilização (construção e mobiliário), nomeadamente o serrim que torna esta espécie atrativa para o mercado dos pellets.

Sendo esta espécie da família dos Larícios (A.M. 2009) apresenta características físicas da mesma ordem, onde o corte/serragem é mais difícil que no caso do Pinheiro-Bravo, sendo o seu destino a construção (estruturas e carpintarias de limpos), mobiliário (maciço e modulado, interiores), reconstituídos maciços, embalagens, paletes, travessas, cofragens e aglomerados de fibras e partículas (Correia e Oliveira 2003).

Atualmente ocupa cerca de 6% da área florestal portuguesa, correspondendo a 175 742 ha em 2010 (ICNF 2013), apresenta maior expressividade na região da Península de Setúbal e na Região Centro de Portugal, como se pode verificar na Figura 2.4.

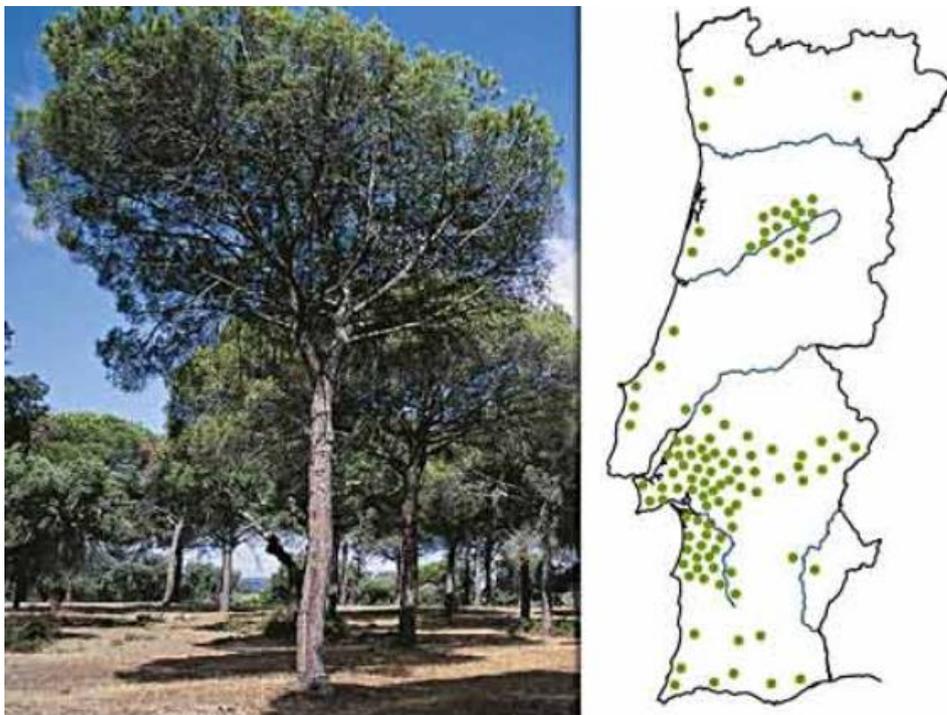


Figura 2.4 – Distribuição do Pinheiro Manso em Portugal (Infopédia 2003 - 2015)

## 2.5. CULTURAS ENERGÉTICAS E OUTRAS ESPÉCIES COM INTERESSE COMERCIAL

Uma vez que este trabalho pretende relacionar a temática da biomassa com o seu aproveitamento para a produção de energia, não poderia deixar de se falar em culturas energéticas de espécies florestais específicas.

Existem diversas entidades que oferecem serviços dentro das operações de gestão florestal (ex.: AIFF – Associação para a Competitividade das Indústrias da Fileira Florestal), sendo que parte delas estão relacionadas com a criação de montados florestais com o objectivo de produzir biomassa para a produção de energia.

Quando se fala em culturas energéticas florestais, pretende-se dar a conhecer quais as diferentes vertentes no que diz respeito à criação e rentabilidade da produção de uma determinada espécie florestal, onde o objetivo final é a recolha da biomassa para a produção de energia. Assim sendo há certos aspetos que devem ser considerados quando se planeia avançar com um projeto no âmbito desta temática, onde o mais importante terá que ver com a escolha da espécie florestal para o fim supracitado. Dentro destes, deve ter-se em atenção a precocidade, a taxa de crescimento, a capacidade de rebentação após o corte/desbaste, entre outros, com vista em tornar rentável a exploração destas culturas.

Para espécies de árvores como o Eucalipto, o Choupo, o Salgueiro e ainda a Paulónia, cujo ciclo de crescimento é de tal forma curto, e os períodos entre desbaste e colheita de matéria-prima variam entre os 2/3 a 4/5 anos, os modelos silvícolas assentes nestas espécies são considerados viáveis. (DNFF 2010)

Já o Pinheiro-Bravo, cujo modelo económico que sobre ele assenta, só é possível devido às enormes quantidades existentes (pinhal de Leiria), i.e., onde através do controlo e manutenção dos pinhais e dos sobrantes obtidos na gestão dos mesmos se pode considerar viável a exploração desta espécie para fins energéticos, uma vez que o tempo de crescimento desta espécie até à fase da primeira operação de desbaste tem uma longa duração, cerca de 15/20 anos (Correia e Oliveira 2003)

No entanto, devido à falta de clareza da legislação vigente, à falta de promoção e apoios à criação destas culturas, é visível, graças à escassa informação sobre a matéria, a inexistência de dados concretos sobre este tipo de silviculturas.

Segundo a DNFF devem ser revistos e alargados os incentivos oferecidos pelo PRODER, no sentido de captar e cativar potenciais investidores/ produtores para a criação de culturas energéticas florestais, uma vez que os apoios previstos pela organização apenas se destinam a pequenas e microempresas.

Grandes e médias empresas ligadas à indústria da fileira florestal, como é o caso do grupo Portucel/Soporcel, identificado como o maior produtor florestal privado em Portugal, ainda vão lançando alguns dados relativos às suas políticas de gestão florestal. Mas num país que vê as suas fileiras florestais fragmentadas por inúmeros proprietários, produtores independentes e pequenas empresas, torna-se inviável a criação de uma base de dados relativos às suas operações de gestão dos mesmos, com o intuito de daí se obter informação concreta acerca das quantidades existentes/produzidas vs consumidas anualmente para qualquer fim, quanto mais para um fim específico como o das culturas energéticas para produção exclusiva de energia. Dados do grupo estimam que a área global de eucalipto anualmente cortada seja de cerca de 35 000 hectares, distribuída de norte a sul de Portugal e também na Galiza e Cantábria, com impacto direto na economia familiar de mais de 20 000 pequenos proprietários florestais (Grupo Portucel 2013).

No caso do grupo supracitado, este faz a gestão independente de uma porção florestal com uma área sensivelmente aproximada dos 120 000 ha, onde 73% destes correspondem a fileira de Eucalipto, e os restantes 27% a montado de Sobro, povoamentos de Pinheiro Bravo, áreas resinosas ou folhosas diversas, entre outros. Além disso, o Grupo detém dentro das suas ações de gestão florestal sustentável, através da Viveiros Aliança, S.A., a garantia da renovação e valorização dos espaços florestais, já que com uma capacidade produtiva de 12 milhões de plantas/ano, entre as quais, 6 milhões são de *eucalipto globulus* clonadas com certificação FSC, com o intuito de manter um equilíbrio entre o consumo e a disponibilidade da matéria-prima no ecossistema (Grupo Portucel 2013).

### 3. CONSUMO DE BIOMASSA PARA FINS ENERGÉTICOS

#### 3.1 O MERCADO DA BIOMASSA FLORESTAL

Em termos de mercado, o consumo de Biomassa Florestal depende de inúmeros factores, entre eles, custos de mão-de-obra, transportes, energia, equipamentos e respectiva manutenção, aprovisionamento, logística, etc.

Foi possível apurar o custo da maioria das operações relacionadas com a gestão e manutenção dos espaços florestais e silvícolas. Graças à informação disponibilizada pela CAOF eis que se apresentam na Tabela 3.1 alguns exemplos de operações e respectivos custos.

Tabela 3.1 – Custos associados a operações de gestão e manutenção dos espaços florestais, adaptado (CAOF 2013/2014)

Tipo de Operação	Custo Mínimo (Euros)			Custo Máximo (Euros)		
	Custo/h	Custo/ha	Condições de trabalho	Custo/h	Custo/ha	Condições de trabalho
Limpeza de mato com corta matos de facas ou correntes recorrendo a trator agrícola de lagartas	65,19	195,57	a) Declive de 0 a 5% b) % de elementos grosseiros, com diâmetro > a 100mm < a 10%* c) Vegetação herbácea e/ou arbustiva até 0,5 m de altura	65,19	325,95	a) Declive > 25% b) % de elementos grosseiros, com diâmetro > a 100mm < a 50%* c) Vegetação herbácea e/ou arbustiva > 1,5 m de altura
Lavoura contínua com recurso a trator agrícola, com profundidades entre 40 e 50 cm	48,43	145,29	a) Declive de 0 a 5% b) % de elementos grosseiros, com diâmetro > a 100mm < a 10%* c) Solos com textura franca	48,43	242,15	a) Declive > 25% b) % de elementos grosseiros, com diâmetro > a 100mm < a 50%* c) Solos com textura argilosa
Tipo de Operação	Custo Mínimo (Euros)			Custo Máximo (Euros)		
	Custo/h	Custo/Km	Condições de trabalho	Custo/h	Custo/Km	Condições de trabalho
Abertura de caminhos com valeta com recurso a trator industrial	92,52	1850,40	a) Declive transversal de 0 a 5% b) Substrato rochoso facilmente desagregável	92,52	6476,40	a) Declive > 25% b) Substrato rochoso dificilmente desagregável
Tipo de Operação	Custo Mínimo (Euros)			Custo Máximo (Euros)		
	jorna	Custo/uni.	Condições de trabalho	Custo/h	Custo/ha	Condições de trabalho
Plantação de resinosas e folhosas em contentor	58,51	0,23	a) Declive de 0 a 5% b) % de elementos grosseiros, com diâmetro > a 100mm < a 10%* c) Volume do contentor <a 150 cc	58,51	0,39	a) Declive > 25% b) % de elementos grosseiros, com diâmetro > a 100mm < a 50%* c) Volume do contentor > a 250 cc

(\*) O valor do diâmetro dos elementos grosseiros representado em percentagem refere-se ao diâmetro total da(s) planta(s), em cada caso.

No entanto, e apesar do custo de certas operações ser bastante elevado e dos efeitos da crise financeira ainda se fazerem sentir, o Sector Florestal continua a mostrar uma tendência de crescimento, as exportações continuam a aumentar e o valor bruto das importações mostrou uma pequena subida face ao ano de 2013, como é possível verificar na Figura 3.1 (APFC 2015).

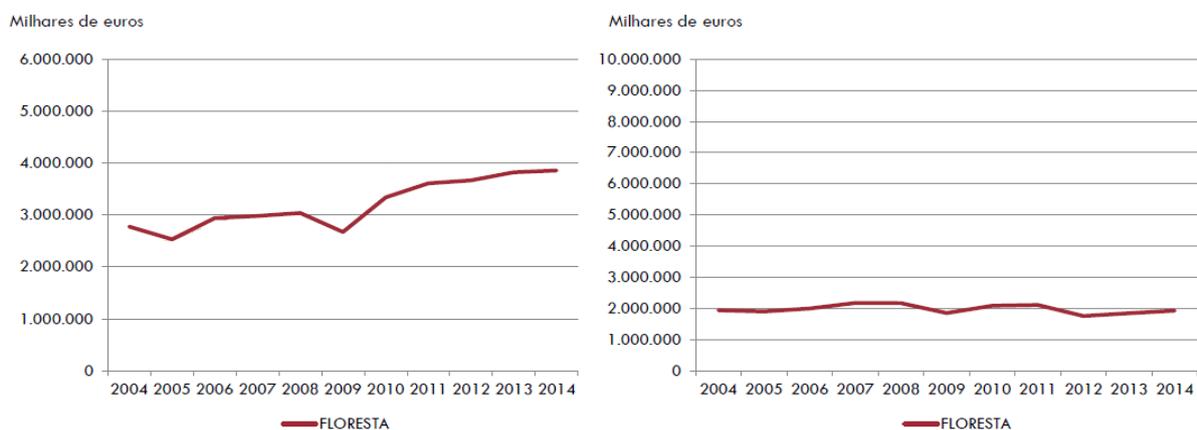


Figura 3.1 - Evolução das exportações (esq) e das importações (dir) do sector florestal (APFC 2015)

No que diz respeito ao consumo de madeira pelo sector industrial associado sabe-se que duas são as espécies cujo consumo é mais expressivo, o Eucalipto e o Pinheiro-Bravo.

No caso do Eucalipto, o custo de aquisição é variável, sendo que para madeira em pé o preço ronda valores entre os 30 e os 32€/m<sup>3</sup>, ainda no caso de esta ser certificada (FSC e PEFC) o preço pode acrescer cerca de 4€/m<sup>3</sup> (APFC 2015).

Dados dos Grupos Altri e Portucel, o custo de aquisição ronda os mesmos valores mencionados no parágrafo anterior, mas no caso destes o bónus de transporte é variável, sendo que o bónus de quantidade pode ascender a valores entre 1-2€/m<sup>3</sup>. O preço da madeira à porta da fábrica pode variar ainda conforme a especificação com e/ou sem casca como é possível verificar na Tabela 3.2 (APFC 2015).

Tabela 3.2 – Preço da madeira de Eucalipto, adaptd (APFC 2015)

	m <sup>3</sup> s/casca	m <sup>3</sup> c/casca	ton s/casca	ton c/casca
Porta da Fábrica	50 €/m <sup>3</sup>	43 €/m <sup>3</sup>	46 €/ton	39 €/ton

Em termos de consumo de rolaria de Eucalipto, que não mais são pequenos toros de madeira, a indústria dependente do sector florestal foi responsável pelo consumo de cerca de 7474,3 m<sup>3</sup>eq./s casca, referente ao ano de 2013, sendo que quase 4000m<sup>3</sup>eq./s casca são de

origem nacional, como é possível constatar na Figura 3.2. Quanto à madeira de Eucalipto importada, esta provém maioritariamente da Espanha sendo que o custo de aquisição desta, para o ano de 2014, rondou os 68,29 euros a tonelada.

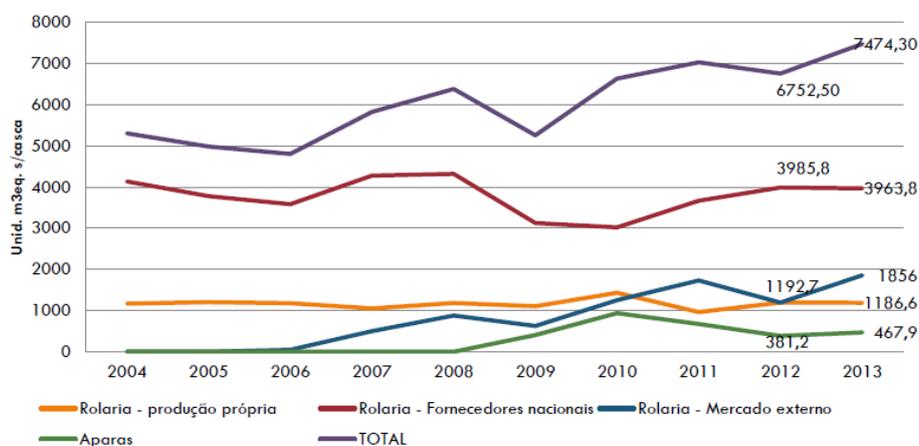


Figura 3.2 – Evolução do consumo de rolaria de Eucalipto em Portugal (APFC 2015)

Quanto à madeira de pinho é possível afirmar que o preço da rolaria rondou valores entre os 40 e os 50 €/ton no ano de 2014. Já o preço da biomassa da mesma origem tinha um custo de 27 €/ton para sobrantes, entre 33 e 38 €/ton para faxina. Tal como no caso do Eucalipto, caso a matéria-prima estivesse certificada, acresce ao custo total 4 €/ton (APFC 2015). Em termos de consumo, a indústria consome em 2013 cerca de 521,6 3 m³ eq./s casca de rolaria de pinho, sendo que desta quantidade 471,9 3 m³ eq./s casca são de origem nacional, como é possível verificar na Figura 3.3.

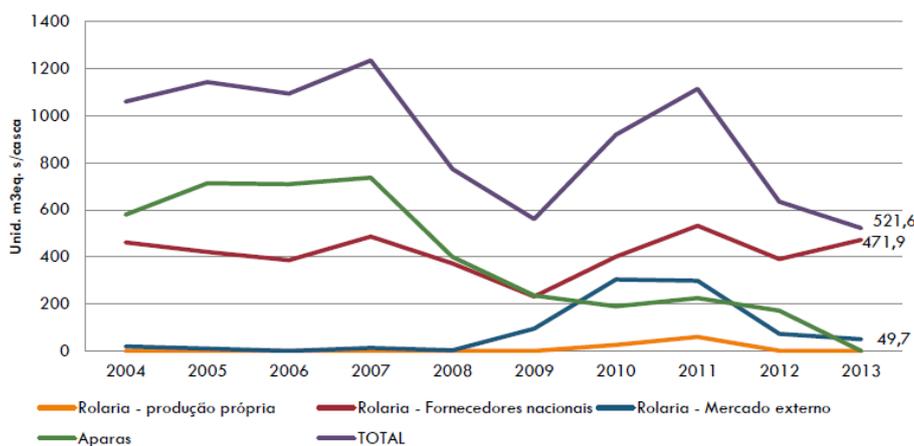


Figura 3.3 - Evolução do consumo de rolaria de Pinho em Portugal (APFC 2015)

## 3.2 CENTRAIS TERMOELÉTRICAS DEDICADAS

O consumo de Biomassa florestal seja ela primária ou residual, para a produção exclusiva de energia eléctrica, não é nos dias de hoje viável por vários motivos, entre os quais o mais importante que terá que ver com os modelos económicos praticados.

No âmbito do tema do trabalho e considerando o que é biomassa primária, isto é a madeira bruta que é retirada da árvore, quando comparada com os excedentes das operações de recolha da matéria-prima, ou seja, ramos, cascas, folhas, sementes e/ou bolotas, em termos energéticos apresentam um valor muito baixo.

A título de exemplo, se se comparar o PCI dos combustíveis convencionais, por exemplo Gás Natural, com o da BFP (Tabela 3.3), é seguro assumir que a energia específica obtida da queima do primeiro será mais elevado que o segundo. Isto é verdade quando é tida em consideração que a madeira quando chega à porta da central que a irá consumir tem humidade, ou seja, tem água no seu interior. Exemplo: Para uma remessa de BFP de 1 tonelada, com uma humidade relativa de 35%, significa que 350 quilos são de água. Isto significa que aquando da queima deste combustível, parte do calor obtido é desperdiçado na evaporação dessa água, e não na conversão do calor obtido em energia eléctrica.

Tabela 3.3 - Valores Médios PCI – Adaptado, (APA 2008) (APA, COMÉRCIO EUROPEU DE LICENÇAS DE EMISSÃO 2009)

Combustível	Poder Calorífico Inferior - PCI (GJ/t)
Gás Natural	38,44
Fuelóleo	40,28
Antracite	30,95
Carvão Betuminoso	25,88
Biomassa (madeira)	15,6

Indo ao encontro ao referido no primeiro parágrafo deste ponto, existem outras desvantagens associadas à queima de BFP e BFR que tornam menos interessantes os investimentos em negócios baseados nestes recursos. A nível tecnológico, a queima deste combustível leva a um desgaste precoce da caldeira de combustão, uma vez que a produção de cinza constitui um problema ao correto funcionamento do equipamento por se acumular nas passagens dos gases de combustão. Ao mesmo tempo, a obtenção de “cálculos” (aglomerados de minerais existentes na madeira), derivados da queima da biomassa constitui

também um problema grave, que exige a instalação de equipamentos específicos que permitam a sua remoção, uma vez que a acumulação destes pode levar à degradação precoce do equipamento. Estes advêm dos compostos químicos existentes na madeira (ex: cloro, enxofre, azoto, etc.)

Por outro lado, o potencial investidor quando procura formas de rentabilizar o seu negócio nesta área, depara-se com sérios problemas em diversas frentes. Estes estão maioritariamente relacionados com as operações de processamento e aquisição da matéria-prima, onde os custos com os equipamentos, transporte, e aprovisionamento são por norma elevados.

Talvez por estas razões não tenha ocorrido a conversão do consumo de combustíveis fósseis das centrais termoeléctricas existentes para BFR.

Em 1999, António Guterres inaugura a Central Termoeléctrica do concelho de Mortágua, destinada à produção de energia eléctrica através da queima de resíduos de origem florestal e representou naquela data um investimento de 24,4 milhões de euros (Jornal de Negócios Online 1999). Esta empreitada previa um consumo estimado de 80 000 ton/ano de biomassa florestal, sendo que em 2003 esse consumo foi superado (Rosas s.d.). Em 2007 previa-se a expansão da Central com o objectivo de aumentar a produção efetiva, e consequentemente o consumo de biomassa, valores que rondavam as 109 000 ton/ano de resíduos florestais (Marques 2007). No entanto, em 2008 a EDP lança um relatório não técnico, onde derivado da expansão da central, prevê um consumo deste combustível na ordem das 575 400 ton/ano (EDP 2008), o que efetivamente não se verificou, uma vez que dados da CELPA (Tabela 3.4) revelam que este valor foi muito inferior ao previsto. Os motivos desta discrepância podem ser vários, entre os quais problemas relacionados com a gestão da rede eléctrica, aquisição de matéria-prima, etc.

Tabela 3.4 - Quadro de Consumo de Biomassa Florestal –Adaptado (DNFF 2010)

Consumo de Biomassa Florestal Residual em 2010 (ton; H=35%)	
<b>Centrais Termoeléctricas Dedicadas em funcionamento</b>	
BIO Mortágua	115.000
BIO Constância	140.000
Centroliva	60.748
BIO Figueira da Foz	400.000
Enerpulp Cácia	145.794
Enerpulp Setúbal	145.794
Rodão Power	140.000
Palser C.Branco	36.449
EcoTactor C.Branco/Guarda	24.299
<b>Centrais Cogeração em funcionamento</b>	
Portucel Viana	97.500
Enerpulp Cácia	110.370
Enerpulp Figueira da Foz	219.960
Enerpulp Setúbal	168.480
Caima Constância	54.600
Celtejo Rodão	n.d.
Sonae	65.000
<b>Indústria Pellets</b>	
Gesfinu Lousada	21.000
Gesfinu Mortágua	21.000
Gesfinu Alcácer	21.000
Enerpellets	21.000
Visabeira	21.000
EnerMontijo	21.000
<b>Cimenteiras</b>	
Sécil	30.000
Cimpor	5.000
<b>Total do consumo</b>	<b>2.019.994</b>

Até 2006, para além da Central de Mortágua, apenas outra central termoeléctrica com ligação à rede eléctrica nacional existia, a CENTROLIVA, S.A., (Vila Velha do Ródão), que apesar de já existir desde 1990, só em 1997 começou a apostar no consumo de resíduos provenientes da floresta e afins (Rosas s.d.).

2006 foi o ano em que o Estado Português lançou o concurso público destinado à construção de centrais dedicadas à produção de energia eléctrica com recurso exclusivo à biomassa de origem florestal, prevendo um aumento da potência instalada até 250 MW com base nesta matéria-prima. As regiões de implantação para as Centrais foram pré-seleccionadas

tendo em conta a disponibilidade de Biomassa Florestal e o risco estrutural de incêndio. Em cada região são disponibilizados todos os pontos de ligação disponíveis ao nível das subestações da EDP, como é possível verificar na Figura 3.4. (Freitas 2009)

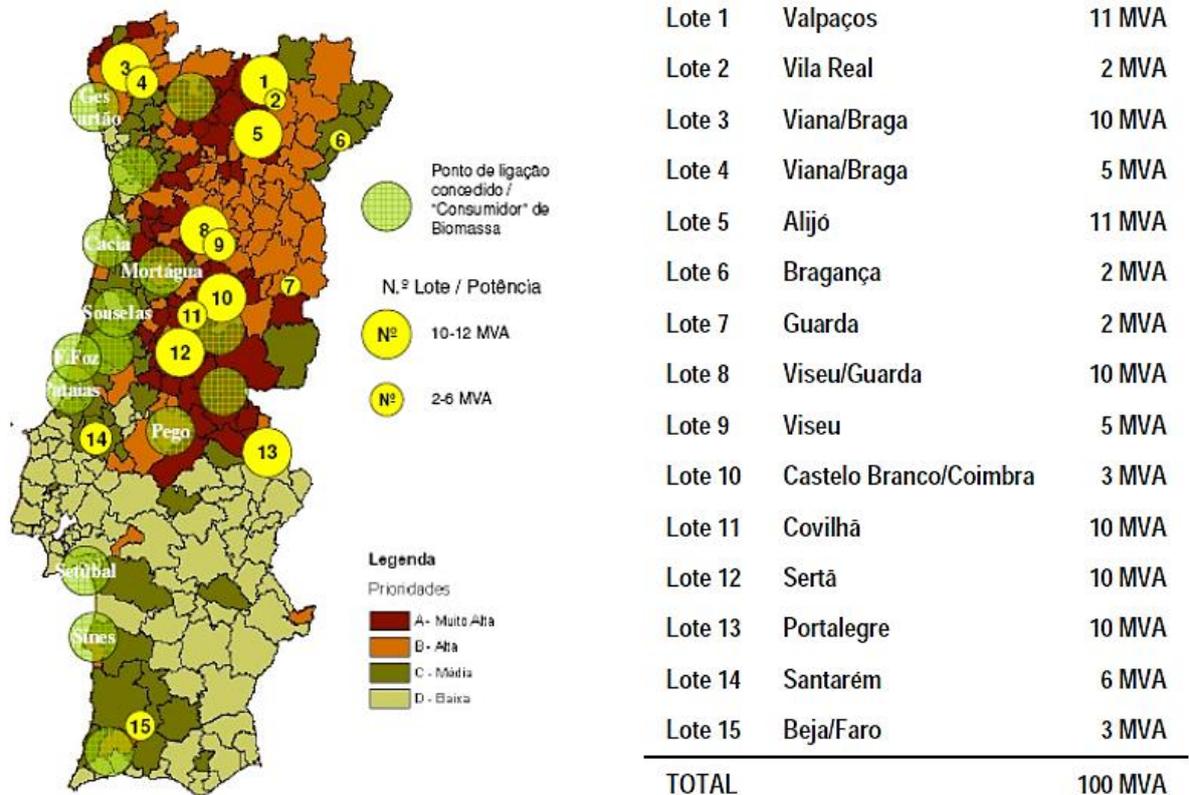


Figura 3.4 – Mapa do Concurso Público das Centrais Termoelétricas a Biomassa Florestal, adapt. (Freitas 2009)

No entanto, passados 4 anos a realidade é muito diferente do que se previa, e apenas 99 dos 250 MW previstos estão em funcionamento (Santos, A Biomassa Como Fonte Energética - Uma Realidade? 2010).

Mais tarde, já em 2013 a Comissão de Agricultura e Mar elabora um relatório, que no que diz respeito à avaliação da situação atual, nada acrescenta de novo à informação já disponibilizada pela CELPA em 2010 quanto às centrais licenciadas em funcionamento, pelo que se pode concluir que o sector da produção de energia eléctrica com base em biomassa de origem florestal ficou estagnado no tempo. O que de certa forma é compreensível quando analisadas algumas vantagens e desvantagens do uso desta matéria, ver Tabela 3.5:

Tabela 3.5 - Vantagens vs Desvantagens da Utilização de Tecnologias Baseadas em Biomassa Florestal

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Redução da dependência energética	Menor poder calorífico comparativamente com os combustíveis convencionais
Regularidade da produção e possibilidade de modulação (maior controlo na produção da eletricidade)	Necessidade de armazenamento, com complexas e onerosas operações de transporte e manuseamento da biomassa
Possibilidade de gestão integrada das florestas (se assegurada de forma sustentável);	Poderá colocar em risco a sustentabilidade do recurso a médio e longo prazo (colocando em risco os investimentos)
Possibilidade de aproveitamento de resíduos industriais	A pressão sobre o recurso poderá aumentar consideravelmente o seu custo, comprometendo a rentabilidade dos projetos
Balanço de emissões de CO <sup>2</sup> nulo	Custos de investimentos por MW elevados
Redução do risco de incêndios florestais	Maior probabilidade de emissão de partículas para a atmosfera

Dos pontos apresentados na tabela anterior pode ser feita uma análise mais extensa sobre alguns deles, nomeadamente sobre a redução da dependência energética.

Este ponto é significativamente importante uma vez que é através do investimento em tecnologias baseadas em FER, e neste caso em particular, baseadas no consumo de biomassa florestal, que se torna possível reduzir a despesa do Estado. Aumentando o consumo interno de energia proveniente de fontes renováveis induz-se uma redução das importações de combustíveis fósseis (Ex: Gás Natural, Fuelóleo, etc.). Através da Figura 3.5 possível verificar que a produção de energia eléctrica a partir de biomassa é sensivelmente constante, rondando valores próximos dos 3000 GWh, enquanto que a eólica sofre um aumento constante ao longo do tempo. No caso da hídrica, os valores da produção de energia eléctrica são inconstantes, e as razões que o justificam podem ser várias, uma delas, e provavelmente a mais importante será a dependência que as barragens têm do volume de água disponível nas bacias hidrográficas. Em caso de seca extrema, esse mesmo volume pode ficar afectado, o que

se traduz numa redução da quantidade de água disponível para produzir energia eléctrica, levando a quebras na produção desta.

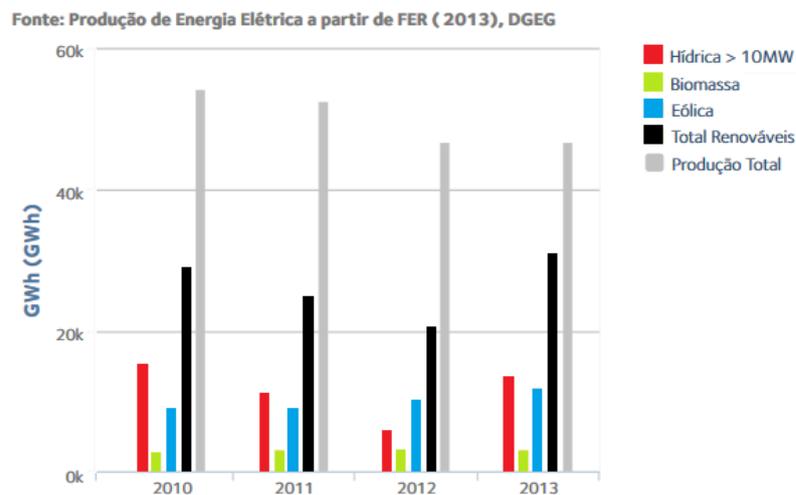


Figura 3.5 - Evolução da Produção de Energia Elétrica Portuguesa, adaptado (ADENE 2015)

Pode concluir-se através da mesma figura que não foram construídas novas centrais dedicadas ao consumo de biomassa para produção de energia eléctrica, nem foram criadas as condições necessárias para que tal fosse possível, caso contrário seria de se esperar um aumento mais significativo na produção da mesma.

Quanto ao segundo ponto das vantagens apresentadas na Tabela 3.5, é possível corroborar a ideia de que pelo facto de se poder controlar o fluxo de consumo/aquisição da matéria-prima, esta pode ser considerada, tal como no caso da energia hídrica, uma óptima gestora da rede eléctrica, não por causa da quantidade de energia que pode ser introduzida na rede em horas de ponta, mas porque permite quantificar ao certo quanta energia pode produzir em regime contínuo.

Do lado das desvantagens, e tal como já referido no terceiro parágrafo deste ponto, a biomassa florestal não consegue competir diretamente com outros combustíveis fósseis precisamente por permitir obter um rendimento de queima muito inferior.

Ao mesmo tempo necessita de grandes áreas para o seu armazenamento/aprovisionamento, aumentando o risco de ocorrência de incêndios (TVI24 2008), aumentando também a complexidade das operações inerentes ao processo de obtenção de energia por necessitar de mais mão-de-obra para transporte e manuseamento da matéria-prima.

### 3.3 INDÚSTRIA DE PELLETS

Em 2008 iniciou-se um forte investimento privado em fábricas de Pellets e até 2011 o mercado nacional de produção de Pellets Energéticos cresceu significativamente, englobando cerca de 20 empresas. Na Tabela 3.6 apresentam-se algumas dessas empresas e a respectiva capacidade produtiva.

Tabela 3.6 - Capacidade Produtiva das Empresas Associadas à Área de Produção de Pellets

Indústria de Pellets	Loc.	Capacidade Produtiva - ton/ano
Enermontijo	Pegões	100.000
Pellets Power - Gesfinu	Viseu	100.000
Pellets Power II - Gesfinu	Setúbal	105.000
Junglepower - Gesfinu	Lousada	95.000
Pinewells - Visabeira	Arganil	120.000
Nova Lenha - JAF	Oleiros	60.000
Enerpellets	Pedrógão Grande	150.000
Bio Branco/Centroliva - Alcides Branco	Vila Velha de Rodão	60.000
Tomsil - Alcides Branco	Ferreira do Alentejo	30.000
Grupo Proef Stallep	Chaves	30.000
Lusoparque	Oliveira de Azeméis	25.000

Em 2011 a indústria de produção de Pellets tinha uma capacidade produtiva instalada de cerca de 875.000 ton (Carvalho 2009/2011), contudo, informação disponibilizada pela Associação Nacional de Pellets Energéticas de Biomassa – ANPEB revela que a capacidade produtiva instalada até à data referida assenta em 850 000 ton, sendo que o valor efetivo da produção no mesmo período rondou as 650 000 ton (ANPEB 2012).

Sendo Portugal um país com clima temperado, o período em que as necessidades para aquecimento são maiores, fica restringido aos meses de inverno, sensivelmente de Outubro a Abril, o que por sua vez torna o consumo de Pellets no mercado interno muito sazonal.

Do total da produção efetiva, apenas 50 000 ton se destinam ao mercado interno, o que representa cerca de 7,7% do total, englobando as necessidades do sector doméstico, do sector

público e ainda da pequena indústria, no entanto não existe nenhuma central dedicada à produção de energia eléctrica que recorra aos Pellets energéticos como fonte de energia primária, o que leva a que a restante produção, cerca de 92,3%, se destine ao mercado externo, sendo que os maiores importadores incluem países como a Dinamarca, o Reino Unido e a Holanda. Neste período o mercado de produção de Pellets detinha um volume de negócios de cerca de 85 milhões de euros (ANPEB 2011).

Mais tarde, e segundo o relatório de mercado de 2012 da ANPEB, a produção efetiva do sector cresceu cerca de 6% comparativamente ao ano anterior, tendo-se atingido uma produção de Pellets de 690 000 ton. A mesma entidade assume que a capacidade instalada também sofreu um aumento significativo no mesmo período, baseando esse aumento no pressuposto de que em produção contínua de 24 horas e 365 dias/ano a capacidade instalada será de 904 000 ton (ANPEB 2012).

O mercado interno sofreu um aumento mais significativo no mesmo período, sendo que face ao ano de 2011 registou-se um aumento de 32% passando de 50 000 ton consumidas para 73 000 (ANPEB 2012).

Era esperado para o ano de 2013 o início de atividade de 3 a 5 novas unidades de produção de Pellets com capacidade instalada estimada de 400 000 ton, impulsionando a capacidade produtiva para valores superiores a 1 000 000 de ton/ano, mas o aumento mais significativo ocorreria no consumo do mercado interno, onde se esperava um aumento de 100%, correspondendo a um consumo estimado de 150 000 ton (ANPEB 2012).

Por outro lado, dados apresentados pela *Eurostat*, revelam uma disparidade anormal entre o consumo interno e as importações de Portugal, como é apresentado na tabela seguinte.

Tabela 3.7 - Produção de Comércio de Pellets na U.E. em 10<sup>3</sup> ton (Eurostat 2014)

	Production		Imports (*)		Exports total (*)	
	2010	2013	2010	2013	2010	2013
<b>EU-28 (*)</b>	<b>7 898</b>	<b>13 190</b>	<b>2 576</b>	<b>6 391</b>	<b>70</b>	<b>141</b>
Belgium	0	0	315	:	38	:
Bulgaria	7	67	1	8	8	71
Czech Republic	85	1 241	15	614	99	1 182
Denmark	0	:	1 443	91	35	1
Germany	1 744	2 208	270	624	740	685
Estonia	423	612	50	51	421	628
Ireland	28	32	12	0	0	0
Greece	0	0	0	:	0	:
Spain	184	250	13	38	5	47
France	449	935	144	226	231	270
Croatia	:	:	:	:	:	:
Italy	539	420	816	1 779	2	8
Cyprus	0	0	0	1	0	0
Latvia	615	1 175	9	42	589	1 125
Lithuania	205	335	44	68	213	370
Luxembourg	8	:	4	1	11	7
Hungary	0	6	43	16	12	40
Malta	0	0	0	0	0	0
Netherlands	120	158	1 024	1 508	135	525
Austria	686	962	231	510	397	504
Poland	429	1 140	34	111	69	298
Portugal	486	800	64	32	550	811
Romania	175	620	3	8	165	542
Slovenia	65	95	45	250	42	256
Slovakia	87	140	4	18	38	110
Finland	177	270	11	69	109	79
Sweden	1 386	:	697	736	117	197
United Kingdom	0	301	551	3 391	60	106
Norway	45	95	14	94	1	41
Switzerland	0	180	:	90	:	4

(\*) Extra-EU trade for the EU-28 aggregate.

(:) No information available

O consumo interno não ultrapassa os 10% do total da produção efetiva (ANPEB 2012), ou seja, o mercado português por si só consegue ser autossuficiente e corresponder às suas necessidades de consumo, no entanto, pela análise da Tabela 3.7 são visíveis dados correspondentes às importações durante o mesmo período. Estes dados fazem sentido se se consideraram outras fontes de informação relativas aos restantes países produtores, e no caso de Espanha, por uma questão de proximidade, pode ver o mercado português como uma forma de escoar parte da sua produção. Convém acrescentar que tal como foi mencionado anteriormente a ANPEB representa 90% do mercado de produção de Pellets, sensivelmente, pelo que os restantes 10% estarão relacionados com produtores com baixas capacidades de produção, e como tal não estão contabilizados os seus dados. No entanto esta afirmação ajuda

a corroborar a ideia anterior, no sentido que eventuais pequenos produtores do mercado espanhol terão em Portugal uma garantia de compra dos seus produtos.

Pode concluir-se portanto, que a veracidade da informação é relativa, e vai depender sempre das fontes utilizadas por quem a produz, pelo que é necessário executar uma análise objectiva da informação. Infelizmente, devido à ausência de dados mais recentes não é possível neste momento contra-argumentar qualquer uma das duas fontes apresentadas.

Seguidamente apresenta-se na Figura 3.6 uma lista das empresas existentes com participação ativa na ANPEB, com importância comercial para o mercado de produção de Pellets, permitindo confirmar uma evolução positiva do mercado de produção de Pellets.

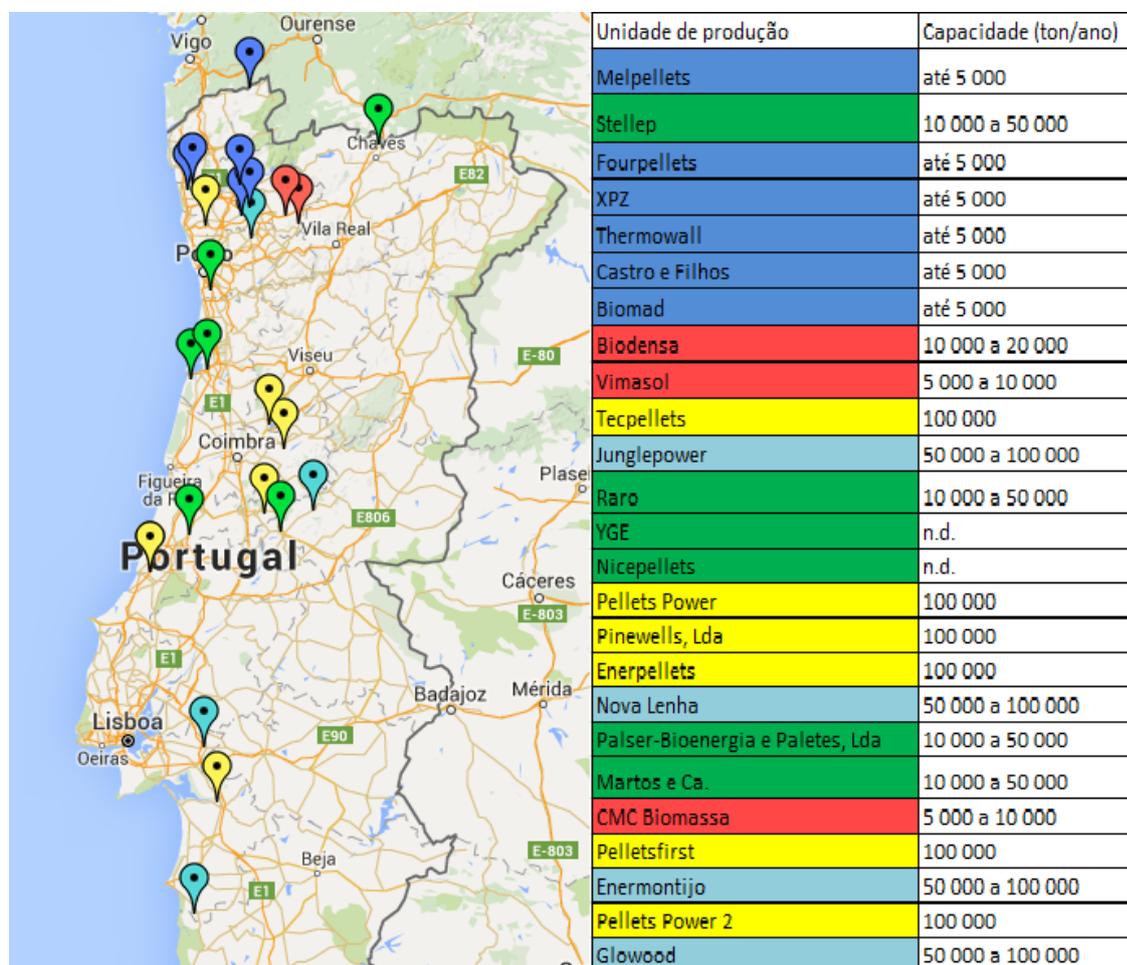


Figura 3.6 - Mapa de Produtores de Pellets (Unidades de Produção de Pellets 2013)

Atualmente, esta indústria consome anualmente cerca de 1400 ton de biomassa, segundo estima a ANPEB, pelo que 80% dessa provém da fileira de pinho, sendo que os

restantes 20% são provenientes de espécies como eucalipto, choupo, acácia e carvalho (ANPEB 2012).

Também em 2013, o Grupo de Trabalho da Biomassa visitou duas instalações distintas dentro do âmbito do trabalho realizado, uma Central Dedicada a Biomassa – Central de Biomassa de S.Maria (CTBTSM) em Oliveira de Azeméis, e uma fábrica de produção de Pellets – Enerpellets em Pedrógão Grande. Ao que foi possível apurar, o Grupo de Trabalho determinou o consumo de ambas as instalações em 101 000 ton/ano e 273 750 ton/ano, respectivamente, sendo que no caso da segunda, e como é possível verificar na Figura 3.6, a capacidade instalada da Enerpellets é de 100 000 ton/ano, permitindo concluir que por cada tonelada de pellets produzida consomem-se 2,73 toneladas de biomassa.

Se a capacidade prevista pela ANPEB ronda as 1 000 000 ton/ano, e assumindo o mesmo rácio de consumo para as restantes empresas de produção de pellets, significa então que esta indústria por si só consome cerca de 2 730 750 ton/ano.

### 3.4 INDÚSTRIA DO PAPEL E CARTÃO

Não se poderia falar em consumo de biomassa sem passar pela indústria do papel e cartão. O peso deste sector na economia portuguesa é preponderante, quer no sector da energia, quer no próprio sector de atividade.

Em 2014 a indústria papelreira consumiu cerca de 8.407 ( $\times 10^3$  m<sup>3</sup> eq. s/casca) de madeira, sendo que destes, 7.695 ( $\times 10^3$  m<sup>3</sup> eq. s/casca) provieram de eucalipto, e os restantes 712  $\times 10^3$  (m<sup>3</sup> eq. s/casca) de pinho (CELPA 2014).

Em termos energéticos o sector apresentou no mesmo período um consumo energético de 71 012 TJ, sendo que 68% desta energia veio de biocombustíveis. O principal biocombustível consumido pela indústria é o licor negro, subproduto obtido da produção da pasta de papel, representou no ano referido, cerca de 83% dos biocombustíveis consumidos (CELPA 2014).

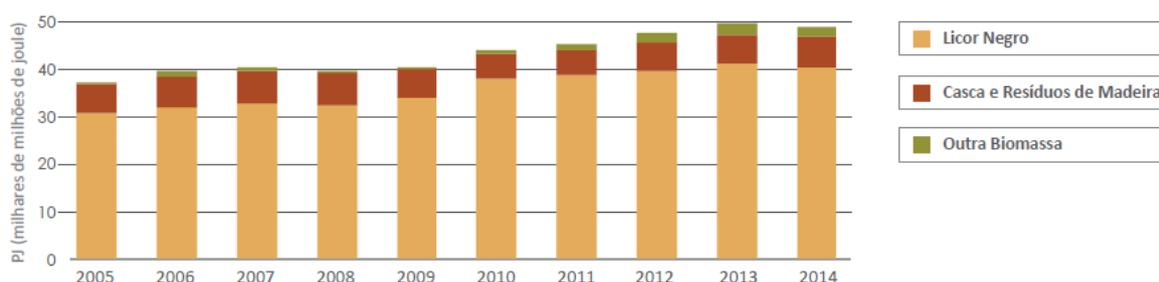


Figura 3.7- Consumo de Biocombustíveis do Sector do Papel e Cartão (CELPA 2014)

Em igual período este sector produziu cerca de 3,67 TWh, sendo que destes utilizou 2,57 TWh nos seus processos produtivos e os restantes 1,1 TWh forneceu à rede eléctrica, ver Figura 3.8.

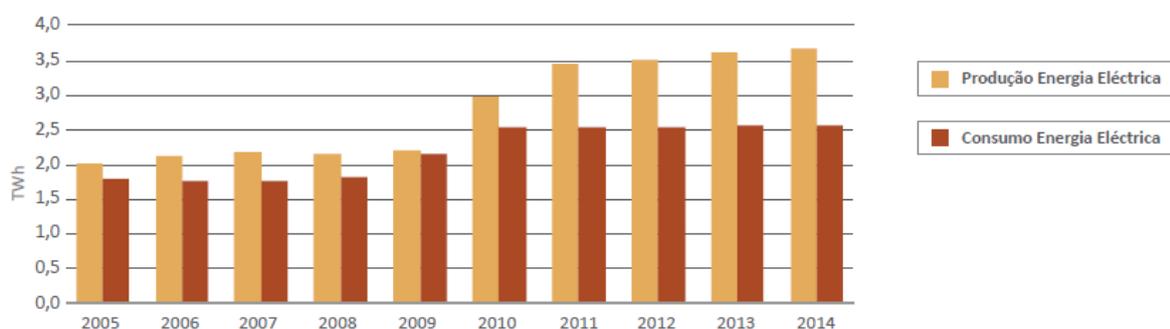


Figura 3.8 - Produção vs Consumo de Energia Eléctrica pelo Sector do Papel e Cartão (CELPA 2014)

Esta energia é produzida através de sistemas de cogeração, onde é feita a produção combinada de calor, para uso nos processos industriais, e de eletricidade. Atualmente a indústria supracitada representa 45% do total de energia elétrica obtida por esta tecnologia a nível nacional (CELPA 2014).

Dados de 2013 apontam os sectores cogeradores como os responsáveis da produção de 15% do total de energia eléctrica produzida em Portugal nesse período. Desses 15% o sector da Pasta e do Papel contribuiu com 6,7% do total nacional e ao mesmo tempo é também o que mais biomassa consome no seu perfil de combustíveis, cerca de 72,3%, como é possível verificar na Figura 3.9. (CELPA 2014)

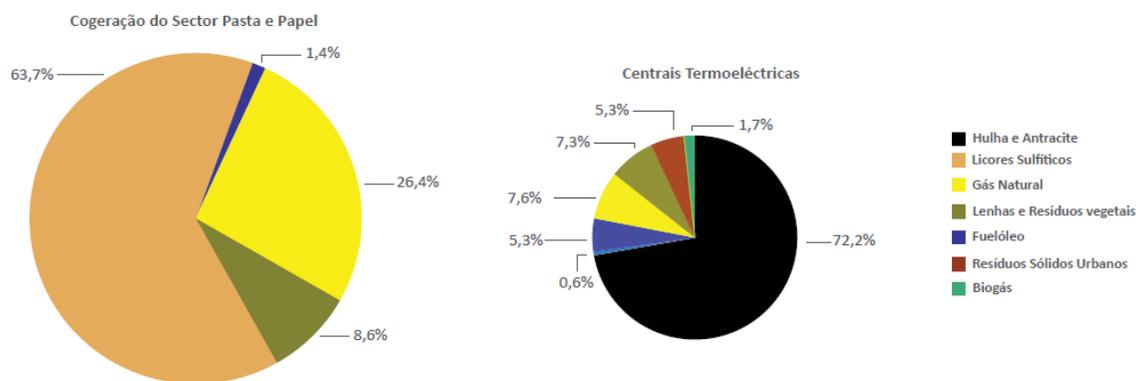


Figura 3.9 - Perfil de Combustíveis em Cogeração do Sector Pasta e Papel - adaptado (CELPA 2014)

No caso do Grupo Portucel, este recorre a essencialmente às três centrais de cogeração a biomassa para produção de energia térmica, que se destina essencialmente à produção de energia térmica que é utilizada nos processos de fabrico de pasta e de papel. O vapor produzido nestas centrais, antes de ser utilizado na produção, passa por turbinas onde é aproveitado para produzir energia eléctrica, que por sua vez é consumida pelas atividades do grupo. O peso da biomassa florestal nas atividades do grupo é preponderante, uma vez que esta representou em 2013 cerca de 68% do consumo de energia primária, como é possível verificar na Figura 3.10.

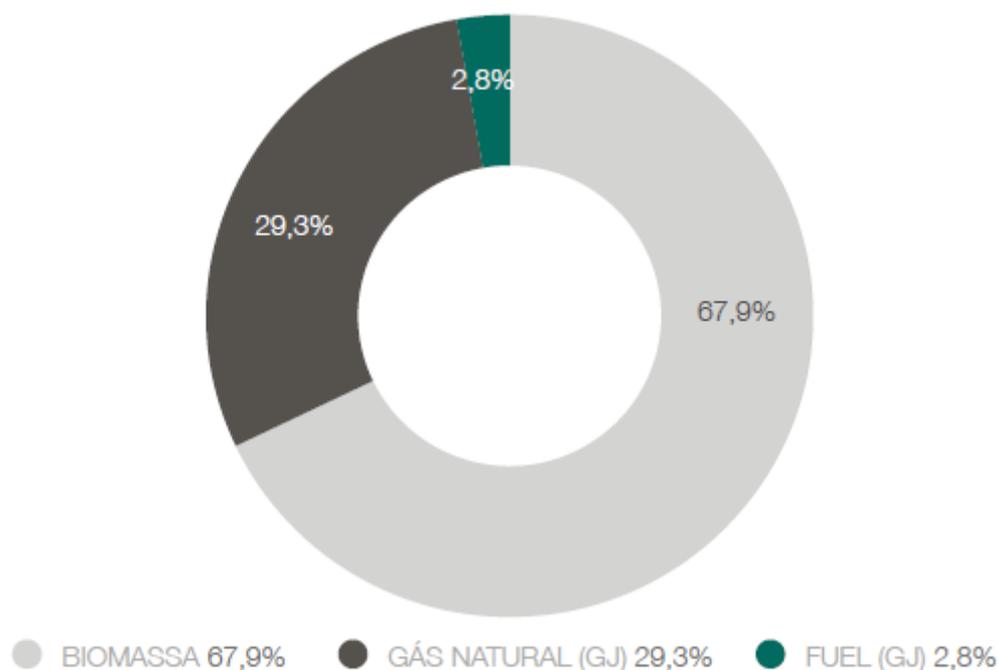


Figura 3.10 - Fontes de Energia Primária do Grupo Portucel em 2013 - adaptado (Grupo Portucel 2013)

Todo o excesso energético é fornecido à rede eléctrica. Ao mesmo tempo, o Grupo serve-se de mais duas centrais térmicas (Cácia e Setúbal) dedicadas à queima de biomassa com o objectivo exclusivo de produzir energia eléctrica para fornecimento da rede. (Grupo Portucel 2013)

O Grupo Portucel é excedentário enquanto produtor de energia eléctrica, face às necessidades energéticas das suas atividades. Dados do mesmo indicam que no ano de 2013, tendo atingido uma produção bruta de  $2,4 \times 10^3$  GWh, foram responsáveis pela produção de 5% de toda a energia eléctrica em Portugal. (Grupo Portucel 2013)

## 4. CÁLCULO ANALÍTICO

Neste capítulo será demonstrada através de cálculo analítico o balanço energético de uma Central Termoelétrica Dedicada a Biomassa Florestal.

### 4.1 CENTRAL TERMOELÉTRICA DEDICADA

Como já havia sido referido no ponto 3.2 e decorrente do concurso lançado pela DGEG em 2006 para a “Atribuição de Capacidade de Injeção de Potência na Rede do Sistema Elétrico de Serviço Público para Energia Elétrica Produzida em Centrais Termoelétricas a Biomassa Florestal (CTBF)”, onde se totalizaria a atribuição de 100 MW. Nesse concurso eram favorecidas duas tipologias de Centrais: até 12 MW, onde o crescimento do retorno económico baseado na produção de energia elétrica era mais atrativo e ao mesmo tempo garantia um maior raio de recolha de Biomassa Florestal; até 6 MW, que apesar da escala de produção ser menor, permitia o desenvolvimento de unidades de pequena dimensão com o objectivo de promover o desenvolvimento regional (Freitas 2009)

Neste subcapítulo será tomado como exemplo a Central Termoelétrica de Rodão que apesar de não pertencer ao concurso de 2006 é um exemplo real e em funcionamento, cujo diagrama do *layout* dos processos de produção de energia se apresentam na Figura 4.1.

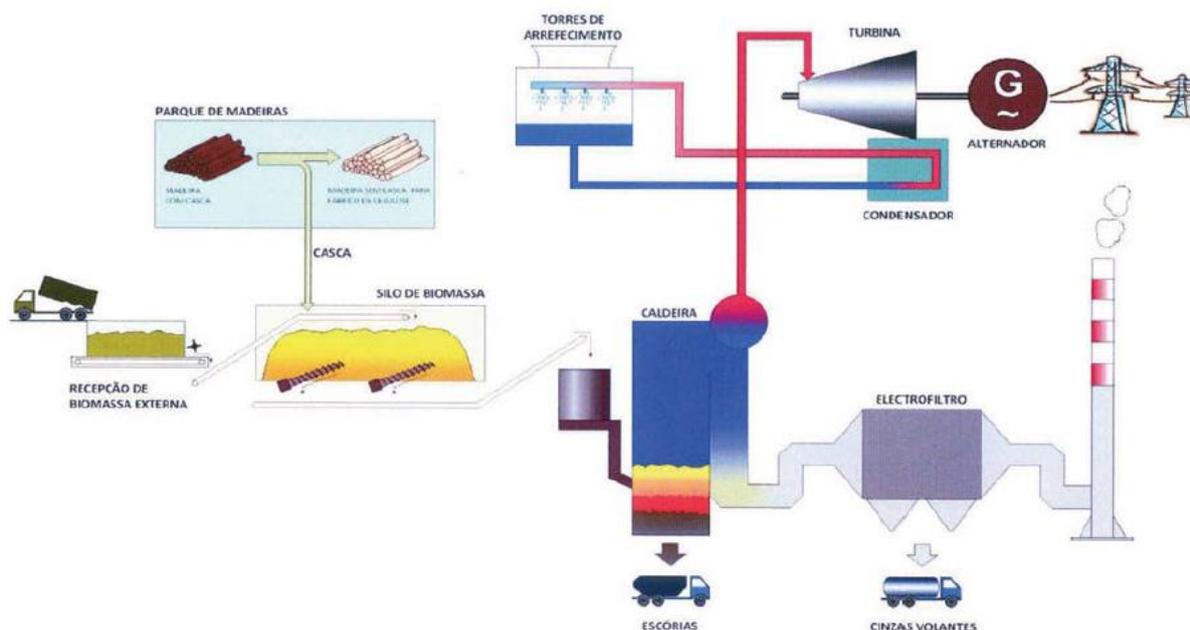


Figura 4.1 – Diagrama de Produção de E.E. da Central de Biomassa de Rodão (EDP, Energias de Portugal 2015)

Esta central teve início em 2007 e tem uma potência instalada de 12,96 MW pertencente a um único grupo produtor e consome essencialmente resíduos florestais e gás natural, no entanto este último é apenas utilizado para aquecimento da caldeira.

O processo de conversão da biomassa em energia elétrica deve-se essencialmente à queima desta numa caldeira, onde o calor produzido é aproveitado para sobreaquecer vapor, o qual é conduzido para uma turbina de vapor que por sua vez se encontra acoplada a um gerador elétrico, que após converter a energia cinética da turbina em energia elétrica, introduz esta na rede. A título de exemplo apresenta-se a Figura 4.2 como um exemplo de demonstração do ciclo de conversão da biomassa em energia elétrica.

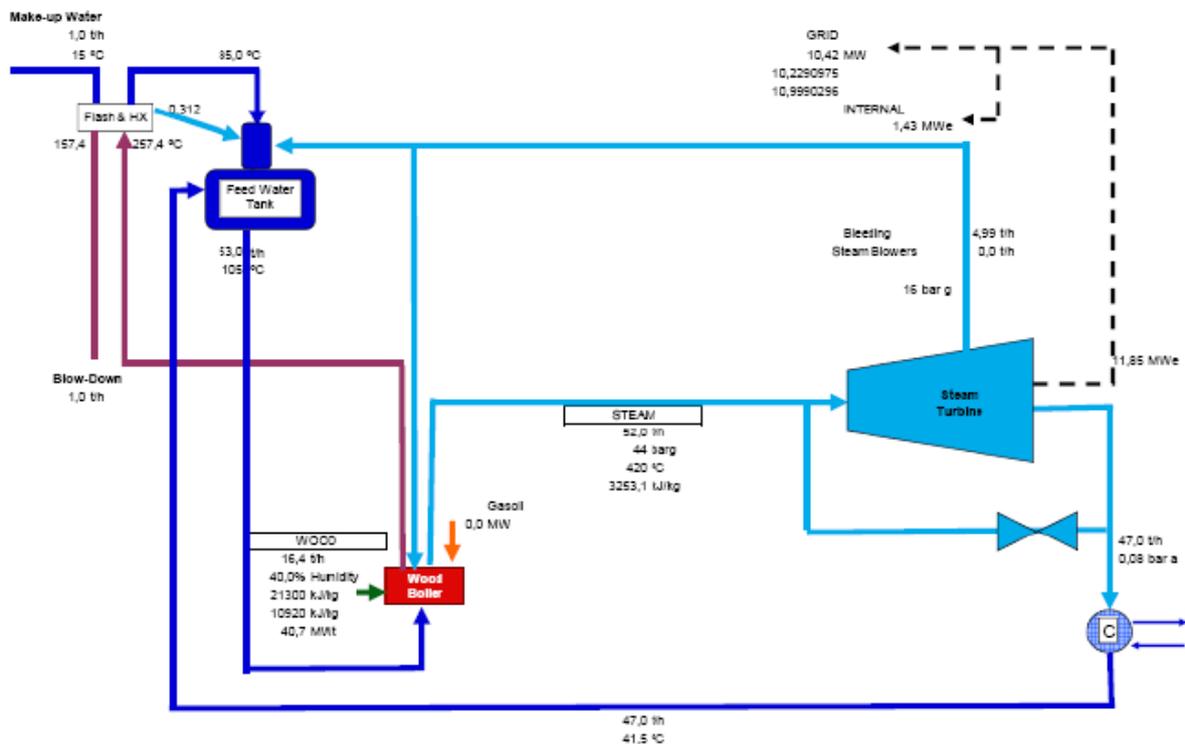


Figura 4.2 – Esquema de Produção de Energia Elétrica numa Central Termoelétrica (Freitas 2009)

Assumindo que a central funciona em ciclo contínuo, 365 dias por ano, 24 horas por dia, temos que:

$$\text{Horas de Operação} = N^{\circ} \text{ dias (365)} \times 24h$$

No entanto devem ser contabilizados eventuais dias de paragens programadas, para efetuar eventuais limpezas e manutenção dos equipamentos, pelo que se assumem no mínimo 10 dias de paragens programadas. Ao mesmo tempo também se deve assumir a possibilidade de ocorrência de paragens não programadas, por diversos motivos, acidentes, avarias,

disponibilidade da matéria-prima, etc., pelo que se assumirá um coeficiente de 90% relativo ao tempo de funcionamento da central a “velocidade de cruzeiro”. Assim sendo, o tempo efetivo de produção da central virá da seguinte equação:

$$H_{Operação} = [(N^o \text{ dias } (365) \times 24h) - (N^o \text{ dias de paragens programadas} \times 24h)] \\ \times \text{Disponibilidade } (90\%)$$

Ou seja,

$$H_{Operação} = (8760 - 240) \times 0,9 = 7668 [h]$$

Sendo o total da Potência Bruta Instalada os 12,96 MW é possível calcular a Produção Elétrica Bruta, ou seja, a energia produzida no espaço de um ano:

$$E_{produzida} = P[MW] \times H_{Operação}$$

Que se traduz na equação seguinte,

$$E_{produzida} = 12,96 \times 7\ 668 = 99\ 377,28 [MWh/ano]$$

Mas mais uma vez deve ter-se em atenção que o total de energia calorífica convertida não é igual ao total de energia elétrica produzida. Portanto, se se considerar o défice de energia gasta em “auto-consumos” durante o processo de conversão, que neste caso iremos assumir as perdas pelo rendimento elétrico dos equipamentos da central, na ordem dos 15% do total da energia elétrica produzida, temos então:

$$E_{consumida} = E_{produzida} \times 15\%$$

Ou seja,

$$E_{consumida} = 99\ 377,28[MWh/ano] \times 0,15 = 14\ 906,592 [MWh/ano]$$

Ainda se devem contabilizar as perdas na Linha de Transporte até à subestação da rede elétrica (transformação e elevação), que segundo as normas e tipologias utilizadas em Portugal se assume um valor de perda entre 1 e 1,8% do total da energia produzida. (Freitas 2009). Neste caso será assumido o máximo considerado, ou seja, os 1,8 %, portanto:

$$E_{perdas} = [(E_{produzida} - E_{consumida}) \times 1,8\%]$$

Que será,

$$E_{perdas} = [(99\,377,28 - 14\,906,592) \times 0,018] = 1\,520,472 \text{ [MWh/ano]}$$

Assim sendo é possível estimar o valor da Energia Elétrica transportada para a Subestação da rede:

$$E_{efectiva} = E_{produzida} - E_{consumida} - E_{perdas}$$

Cujo valor se traduz,

$$E_{efectiva} = 99\,377,28 - 14\,906,592 - 1\,520,472 = 82\,950,216 \text{ [MWh/ano]}$$

Por outro lado torna-se necessário determinar o valor estimado de Biomassa Florestal que corresponda à quantidade de energia produzida anualmente. Para tal torna-se necessário estipular as condições a que a biomassa chega à caldeira de combustão, mais propriamente em termos de humidade presente nesta, pois tal como havia sido explicado no ponto 3.2 deste trabalho, implica perdas de calor na vaporização da água presente na madeira. Será considerado um valor de 40\*% de humidade relativa da madeira.

Uma vez que a Biomassa Florestal que chega às portas da central tem origem em diferentes espécies florestais, cada uma destas apresenta valores de PCI diferentes, então por vias de simplificação dos cálculos considera-se um valor de PCI global para toda a biomassa, que neste caso, para a humidade considerada será de 2500\* kcal/kg, convertendo para o Sistema Internacional, fica 10,467 MJ/kg.

Devido à ausência de um valor concreto relativo à tensão de geração, será assumido um valor igual ou superior a 11 kV, pelo que o rendimento elétrico do processo manter-se-á entre valores próximos dos 25%.

Deve ainda considerar-se o facto que por cada vez que ocorre uma paragem na central, seja ela programada ou não, ocorre o arrefecimento da caldeira. Devido a este factor, e ainda à possibilidade de esgotar o fornecimento de biomassa na caldeira, recorre-se a gás natural para iniciar/continuar o processo de queima. Como tal considera-se um consumo de gás natural equivalente a 10% de toda a energia produzida, pelo que por exclusão de partes se tem que o consumo total de biomassa representa 90% do total de energia produzida na central.

Estabelecidas as condições procede-se então ao cálculo da quantidade de biomassa necessária para gerar 90% dos 99377,28 MWh/ano de energia. Convertendo a energia produzida para Joule, temos que:

$$E_{produzida} = \frac{99\,377,28[MWh] \times 3\,600\,000[kJ]}{0,25[\eta_{elec}]} \times 0,9 = 1\,287\,929\,548\,800[kJ]$$

Portanto a biomassa consumida num ano será,

$$Bio_{consumida} = \frac{E_{produzida}}{PCI_{biomassa}}$$

Que apresenta o seguinte valor,

$$Bio_{consumida} = \frac{1\,287\,929\,548\,800 [kJ]}{10\,467 [kJ/kg] \times 1000[kg]} = 123\,046,67 [ton/ano]$$

O que implica um fluxo de fornecimento de biomassa à caldeira de cerca de:

$$Bio_{consumida/h} = \frac{123\,046,67 [ton/ano]}{7668 [h/ano]} = 16,05 [ton/h]$$

Quanto ao consumo de gás natural deve considerar-se um valor de PCI de 38,44 GJ/ton (Tabela 3.3), portanto:

$$E_{produzida\ GN} = \frac{99\,377,28[MWh] \times 3\,600\,000[kJ]}{0,25[\eta_{elec}]} \times 0,1 = 14\,310\,328\,320 [kJ]$$

Portanto o gás natural consumido será,

$$GN_{consumido} = \frac{14\,310\,328\,320 [kJ]}{38\,440\,000 [kJ/ton]} = 0,327 [ton/ano]$$

Em termos de balanço económico é necessário calcular o custo que se tem com a aquisição dos combustíveis, a biomassa e o gás natural.

Para se calcular a despesa relativa ao gás torna-se necessário converter o valor do gás consumido para as unidades utilizadas pelas entidades cobradoras, por exemplo a EDP, para tal utiliza-se a massa volúmica do gás para o efeito:

$$\rho_{GN} = 0,8141 [kg/m^3]^*$$

\* (EDP, Energias de Portugal 2015)

Daqui tem-se que,

$$GN_{consumido} = \frac{[0,327 \text{ [ton/ano]} \times 1000 \text{ [kg]}]}{0,8141 \text{ [kg/m}^3]} = 457 \text{ [m}^3\text{/ano]}$$

Como o consumo se situa entre os 221 e os 500 m<sup>3</sup>, a despesa da central com o gás natural vai sofrer um custo de 0,069 €/kWh referentes ao segundo escalão do tarifário para clientes em baixa pressão (EDP, Energias de Portugal 2015).

Portanto a custo total da despesa com o gás natural é dado pela fórmula seguinte:

$$Custo_{GN} = E_{produzida\ GN} \times Custo_{Energia}$$

Ou seja,

$$Custo_{GN} = \frac{99\ 377,28[MWh]}{0,25[\eta_{elec}]} \times 0,1 \times 69 \text{ [€/MWh]} = 2\ 742\ 800 \text{ [€/ano]}$$

Já no caso da biomassa, sabendo que o custo por tonelada à porta da central ronda os 27 e os 37 €/ton (para biomassa de origem do eucalipto e pinheiro, ponto 3.1), assume-se um valor médio de 32 €/ton, e desta forma podemos calcular a despesa total da central:

$$Custo_{Biomassa} = Bio_{consumida} \times \text{preço à porta da central}$$

Que resultará em,

$$Custo_{Biomassa} = 123\ 046,67 \text{ [ton/ano]} \times 32 \text{ [€/ton]} = 3\ 937\ 493,44 \text{ [€/ano]}$$

O lucro gerado pela venda da energia elétrica produzida, só é possível devido às garantias dadas pelo estado aquando da implementação do projeto de execução da central, nomeadamente à revisão das tarifas de venda da energia produzida em 2005, a garantia de tarifas bonificadas por um período de 25 anos em 2007 (Santos 2010). Atualmente a tarifa de venda de energia situa-se nos 134,19 €/MWh (Sousa s.d.)

Tendo em conta este valor será possível determinar então a diferença entre as despesas e a venda de energia gerada num ano pela CTBF de Rodão, ou seja, o lucro obtido:

$$Lucro_{ano} = [E_{efectiva} \times Tarifa_{bio}] - [Custo_{Biomassa}] - [Custo_{GN}]$$

Calculando fica,

$$Lucro_{ano} = [82\,950,216 [MWh/ano] \times 134,19 [€/MWh]] - 3\,937\,493,44 [€/ano] \\ - 2\,742\,800 [€/ano] = 4\,450\,796,06 [€/ano]$$

## 5. CONCLUSÃO

A aquisição de dados relativos à quantidade de Biomassa de origem Florestal disponível foi difícil, as fontes existentes são escassas e a informação divergente. No entanto é seguro assumir que a contabilização dos recursos florestais utilizados pelas diversas indústrias que dependem da fileira florestal é sem dúvida uma empreitada considerável, que por si só daria uma tese de mestrado.

Com o evoluir da crise financeira, e a crescente instabilidade da economia nos últimos anos parecem ter levado o Estado Português a cair num limbo, onde as equipas apontadas para estudar e avaliar as medidas de incentivo ao investimento em tecnologias baseadas nesta FER, parecem estagnadas no tempo. A revisão da tarifa de venda de energia com base em biomassa de origem florestal é uma forma de atingir os objectivos do concurso de 2006, particularmente no primeiro ano de implementação dos projetos. O apoio aos produtores silvícolas sob a forma de abonos e participações, é uma forma de garantir o incentivo ao investimento nestas tecnologias, uma vez que estes poderão baixar o preço de venda da biomassa no mercado interno, aumentando a sua procura.

A nível industrial, os maiores consumidores diretos de Biomassa Florestal para a produção de energia eléctrica continuam a ser as grandes centrais térmicas dedicadas e por cogeração. Também a Indústria do Papel e Cartão contribui fortemente para esse consumo, mas tal como foi explicado anteriormente, esta consome praticamente toda a biomassa nos seus processos de produção de pasta de papel, e só depois fazem uso do excedente (licor negro) para a produção de energia.

Já ao nível dos produtores de Pellets Energéticas, a contabilização do impacto que estes têm no mercado da biomassa torna-se mais complicada, uma vez que na sua grande maioria recorrem a produtores silvícolas privados para obter as quantidades de biomassa (estilha e rolaria) que necessitam para os seus processos produtivos.

Para se poder obter um valor concreto acerca do impacto que cada sector tem no mercado da Fileira Florestal Nacional teria que se fazer um levantamento exaustivo ao nível dos produtores e dos consumidores de biomassa por forma a se poder escrutinar a evolução real do mercado da biomassa, quer a nível de produção, quer a nível de consumos, importações, exportações, custos, etc.

## BIBLIOGRAFIA

- A.M. *Naturelink*. 2009. <http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Fichas-de-Especies/content/Ficha-do-Pinheiro-manso?bl=1>.
- ADENE. *ADENE - Agência Para a Energia*. 2015. <http://www.adene.pt/indicador/evolucao-da-dependencia-energetica>.
- AgroPortal. “Energia: Preço da matéria-prima inviabiliza centrais de biomassa.” *AgroPortal*. 2006. <http://www.agroportal.pt/x/agronoticias/2006/10/27b.htm>.
- ANPEB, Associação Nacional de Pellets Energéticas de Biomassa. “A Indústria e o Mercado de Pellets em Portugal.” Relatório de Mercado de 2012, 2012.
- António, Nuno Cruz. *Naturelink*. 2009. <http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Fichas-de-Especies/content/Ficha-do-Eucalipto?bl=1>.
- APA, Agência Portuguesa do Ambiente. *COMÉRCIO EUROPEU DE LICENÇAS DE EMISSÃO*. Janeiro de 2009.
- APA, Agência Portuguesa do Ambiente. *COMÉRCIO EUROPEU DE LICENÇAS DE EMISSÃO*. Agosto de 2008.
- APFC, Associação de Produtores Florestais de Coruche. *Mercados Florestais*. 27 de 03 de 2015.
- BCE, Banco Central Europeu. *Relatório Anual 2008*. Traduzido por Banco de Portugal em parceria com o BCE. 2009.
- CAM, Comissão de Agricultura e Mar. *Relatório – Grupo de Trabalho da Biomassa*. Lisboa, Junho de 2013.
- CAOF, Comissão de Acompanhamento das Operações Florestais. *Matrizes de (Re)Arborização*. 2013/2014.
- Carvalho, Natércia Patrícia Rebelo de. “Implementação do Plano de Controlo, Inspeção e Ensaio na Produção de Pellets de Madeira.” Tese de Mestrado, Instituto Politécnico de Viseu - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 2009/2011.

- CBE, Centro da Biomassa para a Energia. “Multifuncionalidade da Floresta através da Exploração dos Recursos Florestais e Silvopastorícia.” *Avaliação dos Custos de Aproveitamento da Biomassa Florestal*. Lousã, 10 de Abril de 2008.
- CCE, Comissão das Comunidades Europeias. *Bioenergia - Manual sobre Tecnologia, Projecto e Instalação*. 2004.
- CELPA. *Boletim Estatístico - Indústria Papeleira Portuguesa*. Lisboa: CELPA - Associação da Indústria Papeleira, 2014.
- Correia, Alexandre Vaz, e Ângelo Carvalho Oliveira. “Principais Espécies Florestais com Interesse Para Portugal - Zonas de Influência Atlântica.” Lisboa: Direcção Geral das Florestas, Outubro de 2003.
- DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia. *Remuneração das Energias Renováveis*. 2015.
- DNFF, Direcção Nacional das Fileiras Florestais. *Culturas Energéticas Florestais - Primeira Abordagem do Levantamento da Situação Actual*. Junho de 2010.
- EDP, Energias de Portugal. *EDP, Gás Distribuição*. 2015.  
<http://www.edpgasdistribuicao.pt/index.php?id=484>.
- <http://www.a-nossa-energia.edp.pt>. 2015. [http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros\\_produtores/empreendimento.php?item\\_id=72&cp\\_type=te](http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros_produtores/empreendimento.php?item_id=72&cp_type=te).
- EDP, Gestão de Produção de Energia, S.A. “Ampliação da Central de Biomassa de Mortágua, Estudo de Impacte Ambiental.” 2008.
- Enersilva, Projecto, ed. *Enersilva - Promoção do uso da biomassa florestal para fins energéticos no sudoeste da Europa (2004-2007)*. Opal Publicidade S. A. 2007.
- Eurostat, Statistics Explained. “Forestry Statistics in Detail.” Setembro de 2014.  
[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Forestry\\_statistics\\_in\\_detail#Forests\\_and\\_other\\_wooded\\_land](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Forestry_statistics_in_detail#Forests_and_other_wooded_land).
- Ferreira, João, e Manuel Eduardo Ferreira. “Portugal Pellet Report.” ANPEB, 2011.
- Freitas, Carlos J. Pereira. “Central Termoelétrica a Biomassa Florestal (CTBF).” Relatório de Avaliação, 2009.

- Grupo Portucel. “Relatório de Sustentabilidade 2012/2013.” Comissão de Sustentabilidade, Assessoria do Conselho de Administração para a Floresta e Ambiente, Direcção de Comunicação, 2013.
- Havemann, Joel. “The Financial Crisis of 2008: Year In Review 2008.” *Encyclopedia Britannica*. 2008. <http://www.britannica.com/topic/Financial-Crisis-of-2008-The-1484264>.
- ICNF, Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. “IFN6 – Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental em 1995, 2005 e 2010.” Lisboa, 2013, 34 pp.
- INE, Instituto Nacional de Estatística, I.P. *Estatísticas da Globalização, 2008 a 2013*. 28 de Março de 2014.
- INE, Instituto Nacional de Estatística, I.P. “Estatísticas do Comércio Internacional.” *Estatísticas do Comércio Internacional 2013*. Montagem por I.P Instituto Nacional de Estatística. Lisboa, 2013.
- INETI, ADENE &. “Fórum Energias Renováveis em Portugal - Relatório de Síntese.” 2001. [http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes\\_online/diversos/energias\\_renov/intro.htm](http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/energias_renov/intro.htm).
- Infopédia. “Infopédia Dicionários da Porto Editora.” [www.infopedia.pt](http://www.infopedia.pt). 2003 - 2015. [http://www.infopedia.pt/\\$botanica?uri=lingua-portuguesa/ocorrente](http://www.infopedia.pt/$botanica?uri=lingua-portuguesa/ocorrente).
- Jornal de Negócios Online. “EDP com nova central termoelétrica.” *Jornal de Negócios*, Agosto 1999: 1.
- Lamas, Museu de Santa Maria de. *Cortiça Estórias da História*. s.d. [http://cortica.museudelamas.pt/?page\\_id=17](http://cortica.museudelamas.pt/?page_id=17).
- Marques, Fernando Jorge Vicente. *Blogspot*. 19 de Outubro de 2007. <http://fernvicentemarques.blogspot.pt/>.
- PEFC, Programme for the Endorsement of Forest Certification. 2013. <http://www.pefc.pt/certificacao-gfs/introducao/floresta-portuguesa>.

Pereira, João Santos. *O Futuro da Floresta em Portugal*. Fundação Francisco Manuel dos Santos., 2014.

PORDATA. ICNF/MAM, PORDATA. *Incêndios Florestais e Área Ardida no Continente*. Fundação Francisco Manuel dos Santos. 2014.

“Prós e Contras.” *Insustentável Custo da Energia*. 13 de Fevereiro de 2012.

QUERCUS. *Manifesto da QUERCUS pelas Florestas*. 2015.  
<http://www.quercus.pt/documentos-floresta/2955-manifesto-da-quercus-pela-florestas>.

Rosas, Cátia. “Aproveitamento de Biomassa Agrícola em Portugal - Situação de Referência.” Departamento Técnico da CONFAGRI, s.d.

Santos, Paulo Preto dos. *A biomassa como fonte energética – uma realidade?* APEB, Julho de 2010.

—. “A Biomassa Como Fonte Energética - Uma Realidade?” *Workshop da Plataforma do Empreendedor*. 2010.

Silva, Joaquim Sande, Ernesto de Deus, e Lúcia Saldanha, “Incêndios Florestais 5 Anos Após 2003.” *Liga para a Protecção da Natureza Autoridade Florestal Nacional*. Outubro de 2008.

Sousa, Jorge Alberto Mendes de. *Externalidades e Mercados Ambientais, Tarifa renovável, certificados verdes e comércio de emissões*. s.d.

TVI24. *Incêndio deflagrou na central termoelétrica de Mortágua*. 4 de Maio de 2008.  
<http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/bombeiros/incendio-deflagrou-na-central-termoelectrica-de-mortagua>.

*Unidades de Produção de Pellets*. 2013.  
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?ll=39.943436%2C-8.217773&spn=8.420703%2C21.643066&msa=0&mid=z51sWFIlpxAE.kDjsIx8nBZmA>.