



Estudo do potencial energético de calor de cada biomassa/resíduo agrícola e vegetal

Projeto n.º 34001
Ibero Massa Florestal, Lda



Março 2014



ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABELAS	3
ÍNDICES DE QUADROS.....	4
INTRODUÇÃO	5
1. RECURSOS ENERGÉTICOS FLORESTAIS E O SEU POTENCIAL	7
1.1. SITUAÇÃO ENERGÉTICA ATUAL.....	7
1.2. UTILIZAÇÃO ATUAL DA BIOMASSA NUM CONTEXTO MUNDIAL	8
1.3. UTILIZAÇÃO ATUAL DA BIOMASSA NO CONTEXTO EUROPEU	11
1.4. UTILIZAÇÃO ATUAL DA BIOMASSA FLORESTAL EM PORTUGAL CONTINENTAL	13
1.4.1. A FLORESTA PORTUGUESA.....	15
1.4.2. BIOMASSA FLORESTAL: OPORTUNIDADE E VALOR.....	20
1.5. BIOMASSA AGRÍCOLA EM PORTUGAL CONTINENTAL	27
1.5.1. UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA AGRÍCOLA PARA FINS ENERGÉTICOS	31
1.6. CULTURAS ENERGÉTICAS	32
1.7. USO DE BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA.....	34
1.7.1. VANTAGENS.....	34
1.7.2. LIMITAÇÕES.....	36
2. POTENCIAL ENERGÉTICO DE CALOR.....	38
2.1. POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA FLORESTAL.....	38
2.1.1. POTENCIAL ENERGÉTICO DE BIOMASSA PRIMÁRIA - TRONCOS.....	38
2.1.2. POTENCIAL ENERGÉTICO DE RAMOS E BICADAS	46
2.2. POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS AGRÍCOLAS	47
CONCLUSÃO	49
BIBLIOGRAFIA.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo do Carbono	8
Figura 2 – Consumo final da energia mundial em 2001.....	10
Figura 3 – Mapa de distribuição das potencialidades energéticas	15
Figura 4 – Taxa de arborização por concelho.....	16
Figura 5 – Área Florestal por espécie	16
Figura 6 – Distribuição Geográfica de algumas espécies arbustivas em Portugal Continental.....	17
Figura 7 – Comparação do valor económico total do setor florestal em vários países (fonte: Merlo & Croiture, 2005)	18
Figura 8 - Classificação de combustíveis à base de madeira.....	21

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de resíduos florestais em Portugal por origem.....	23
Tabela 2 - Superfície ocupada pela agricultura no território português.....	27
Tabela 3 - Superfície ocupada pelas principais culturas temporárias e permanentes ..	28
Tabela 4 - Área das principais culturas por regiões agrárias do território português ...	29
Tabela 5 - Resíduos agrícolas produzidos por região	30
Tabela 6 - Critérios de qualidade relativa da biomassa florestal primária.....	39
Tabela 7 – Poder calorífico superior (base seca) das principais espécies florestais em Portugal	45
Tabela 8 - Poder calorífico (base seca) de vários recursos herbáceos ou arbustivos....	45

Tabela 9 - Poder calorífico dos ramos e bicadas do pinheiro e eucalipto.....	46
Tabela 10 - Poder calorífico de vários resíduos florestais.....	46
Tabela 11 - Energia potencial contida em resíduos agrícolas	47
Tabela 12 - Poder calorífico de resíduos agrícolas	48

ÍNDICES DE QUADROS

Quadro 1 - Eucalipto.....	39
Quadro 2 – Pinheiro-bravo	39
Quadro 3 – Carvalho.....	40
Quadro 4 - Acácia	40
Quadro 5 – Amieiro	40
Quadro 6 – Castanheiro.....	41
Quadro 7 - Freixo.....	41
Quadro 8 - Faia	41
Quadro 9 - Choupo	42
Quadro 10 – Cerejeira	42
Quadro 11 – Salgueiro-preto.....	42
Quadro 12 – Medronheiro	43
Quadro 13 – Giesta-das-serras	43
Quadro 14 – Urze-branca	43
Quadro 15 - Carqueija	44
Quadro 16 - Tojo.....	44

INTRODUÇÃO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de explorar o potencial energético de calor de cada biomassa ou resíduo agrícola e vegetal.

Entende-se por biomassa, em termos energéticos, como um combustível com origem em produtos e resíduos naturais, como sejam os provenientes da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), os resíduos da floresta e indústrias ligadas à floresta, e a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.

No primeiro capítulo do estudo será abordada a situação energética de Portugal, da Europa e do resto do Mundo, através do aproveitamento de resíduos provenientes da biomassa florestal e agrícola. A biomassa florestal divide-se em: biomassa florestal primária e secundária. Entende-se por *biomassa florestal primária a fração biodegradável dos produtos gerados na floresta e que são processados para fins energéticos (ENERSILVA, 2004-2007)*. No caso das florestas do sul da Europa, a biomassa florestal primária é formada pelos materiais vegetais procedentes das operações silvícolas seguintes: podas, seleção de toiças, desbastes, cortes fitossanitários e controlo da vegetação espontânea. Também se incluem os resíduos de aproveitamento madeireiro, quer sejam provenientes de cortes finais ou de cortes intermédios, lenhas provenientes das podas e desramações e material vegetal proveniente de culturas energéticas, lenhosas ou herbáceas, instalados em terrenos florestais. A biomassa florestal secundária que é a matéria orgânica residual (costaneiros, serrins, licores negros, recortes, aparas, etc.) gerada nos processos da indústria de transformação da madeira, tal como as serrações, fábricas de celulose, tábuas e contraplacados, carpintarias e indústrias de mobiliário. Também se inclui



neste tipo de biomassa os restos de madeira procedentes de outras actividades industriais (paletes e embalagens) e de resíduos urbanos. A biomassa agrícola provém sobretudo das podas de diversas espécies e é utilizada, da mesma forma, como matéria para a produção de energia térmica, eléctrica e biocarvão.

O segundo capítulo apresenta o potencial energético, a partir do poder calorífico dos resíduos provenientes da agricultura e, ainda, das diversas espécies florestais.

1. RECURSOS ENERGÉTICOS FLORESTAIS E O SEU POTENCIAL

1.1. SITUAÇÃO ENERGÉTICA ATUAL

Portugal é um país com grande dependência energética devido à escassez de combustíveis fósseis, como o petróleo, o carvão e o gás, que asseguram a generalidade das necessidades energéticas na maioria dos países desenvolvidos. Segundo a DGGE, a dependência energética de Portugal face ao exterior é de 81,2% (2006).

O petróleo mantém um papel essencial na estrutura de abastecimento, representando 48,7% do consumo total de energia primária; o gás natural por sua vez representa 17,5%; o consumo de carvão atingiu 11,8%; e por fim as energias renováveis contribuíram com 20% no consumo total de energia primária (DGGE). A biomassa representou 22% da eletricidade a partir das Fontes de Energias Renováveis (FER). Apesar de ter uma importância assinalável, a potência instalada em centrais dedicadas a biomassa (biomassa florestal residual) é apenas 12 MW, repartida pelas centrais de Mortágua (9MW) e Centroliva (3 MW) (dados DGGE). A indústria da pasta de papel, no sentido de aproveitar determinados resíduos, nomeadamente o licor negro, utiliza a produção de calor gerado na combustão desses resíduos para processos industriais e para a produção de eletricidade, quer para consumo próprio, quer para injetar na rede elétrica de serviço público.

Perante este cenário coloca-se o problema da segurança do abastecimento e da independência energética, estando o país sujeito à volatilidade do preço do petróleo e também do gás natural e do carvão, embora em menor escala. Esta é uma das mais importantes razões para que hoje a maioria dos países esteja a apostar nas energias renováveis e na eficiência energética.

Neste contexto surge a importância de realçar o uso de biomassa florestal como fonte de energia. A biomassa é uma fonte sustentável de energia, desde que o CO₂ lançado durante a combustão seja posteriormente retirado da atmosfera pela vegetação para produzir nova biomassa (figura 1). A biomassa é também um combustível doméstico e distribuível, significando um aumento na segurança local de provisões de energia, aumento da actividade, rendimento e emprego em áreas rurais, e uma redução possível de preços da superprodução agrícola na Europa.

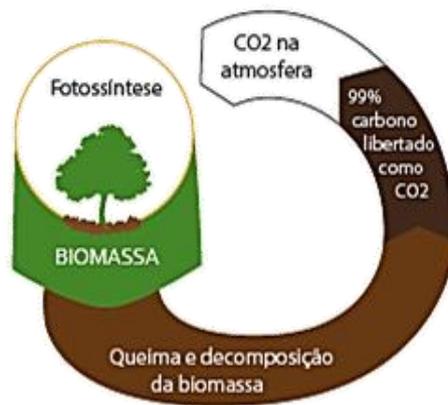


Figura 1 - Ciclo do Carbono

1.2. UTILIZAÇÃO ATUAL DA BIOMASSA NUM CONTEXTO MUNDIAL

A biomassa enquanto recurso energético é largamente utilizada em países em desenvolvimento, fornecendo cerca de um terço do consumo de energia primária, ao passo que a contribuição nos países mais desenvolvidos é menos significativa. As florestas fornecem uma fonte localmente disponível e ambientalmente renovável de combustível. No entanto a sua utilização tem que ser sustentável numa base ecológica,

económica e social para garantir que as futuras gerações possam utilizar os recursos da floresta com a mesma intensidade. Os benefícios da madeira como combustível são conhecidos ao longo de toda a história, e as florestas já foram submetidas a períodos de exploração pesada. Hoje, as atitudes em direção à floresta mudaram consideravelmente, e nos países desenvolvidos a saúde do ecossistema da floresta se tornou um tópico importante na agenda dos ambientalistas, políticos e da sociedade em geral.

A crescente procura de biomassa como fonte energética (calor ou eletricidade), assim como de combustíveis líquidos e gasosos, é justificada pelos seguintes fatores: contribuição para a diminuição da pobreza em vários países em desenvolvimento; satisfação das necessidades de energia sem necessidade de recurso a equipamentos de conversão dispendiosos; produção de energia sob diferentes formas; contribuição para a requalificação de terrenos degradados, aumentando a biodiversidade, fertilidade do solo e retenção de água (Bert and Christensen, 2003); excessos de matérias-primas, maior procura de energia, considerações políticas e pressões internacionais de organizações ambientais não-governamentais (Hall & Combs, 1987). Várias estatísticas indicam que a percentagem de biomassa no âmbito global de consumo de energia tem-se mantido estável ao longo dos últimos 30 anos. A Agência Internacional de Energia estima que o consumo de energia final a nível mundial a partir de biomassa foi de 16%, percentagem esta, muito aproximada comparativamente, ao consumo final de energia com outras fontes, nomeadamente eletricidade (15%) e gás (16%) tal como é evidente na figura 2 (IEA, 2003).

Ao nível regional, o uso da biomassa varia significativamente. As regiões em desenvolvimento (Ásia, África e América do Sul) apontam os níveis de consumo mais elevados (IEA, 2002; World Bank, 2003 c) em comparação com regiões desenvolvidas.

De acordo com a IEA, aproximadamente 50 % da população em países em desenvolvimento utiliza a biomassa como fonte primária de energia atingindo em regiões pontuais uma taxa de 73%. A biomassa é considerada a fonte de energia “dos pobres”, o que se revela verdadeiro quando aliado ao uso tradicional de biomassa a qual é adquirida “gratuitamente” (Reddy *et al*, 1997; Karekezi and Kithyoma, 2002; Kgathi *et al*, 1997; Hall and Mao, 1994; Karekezi and Rauja, 1997). Existe portanto uma correlação entre os níveis de pobreza e o uso tradicional da biomassa (IEA, 1998).

O uso tradicional da biomassa para produção de energia refere-se à combustão direta da madeira, folhas, resíduos agrícolas e resíduos sólidos urbanos. Atualmente a biomassa é utilizada de duas outras formas, nomeadamente através de tecnologias eficientes de combustão directa da biomassa, como por exemplo recuperadores de calor, etc., e através do uso “moderno” da biomassa para energia sobre a forma de combustíveis líquidos, gás e eletricidade (AFREPREN, 2002).

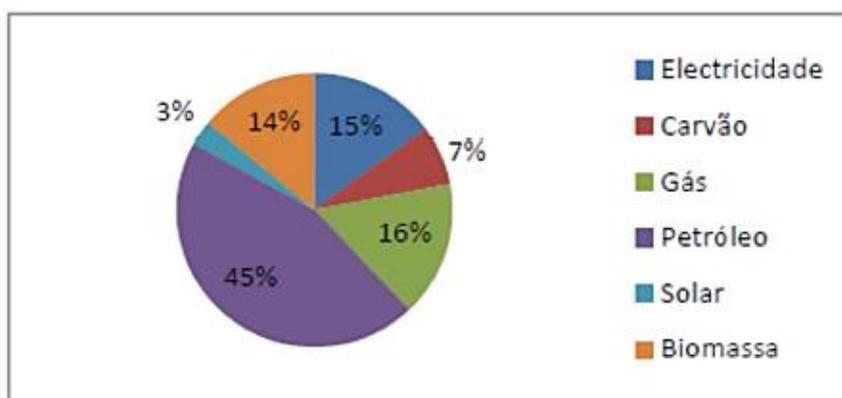


Figura 2 – Consumo final da energia mundial em 2001

(Fonte: IEA, 2003)

1.3. UTILIZAÇÃO ATUAL DA BIOMASSA NO CONTEXTO EUROPEU

Já não é de hoje que os decisores políticos europeus se confrontam com a necessidade de enfrentar diversos desafios no que respeita à política energética - as implicações ambientais e económicas das alterações climáticas são inevitáveis e a segurança energética da Europa está em risco devido à grande dependência das importações de energia.

Tendo em conta estas considerações, a União Europeia vem tendo ao longo dos anos a iniciativa de imposição de metas para a energia a partir de fontes de energia renovável (FER). A política energética europeia tem avançado em três frentes distintas:

- na procura de competitividade, que leve ao crescimento económico e à criação de emprego;
- na segurança do abastecimento, reduzindo a dependência energética dos países;
- na sustentabilidade, comprometendo-se com a redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Estas três forças motrizes estão patentes em várias estratégias e políticas que visam objetivos concretos e ambiciosos, ainda que realistas e imperativos.

Em 1997, a União Europeia estabeleceu o objetivo de atingir um contributo global das FER de 12 % em 2010 (CCE, 1997).

Em 2009 surgiu uma directiva (2009/28/EC) que constitui um marco histórico na legislação europeia no que diz respeito à promoção do uso de energia através de fontes renováveis. Esta directiva dá o necessário apoio político aos mercados das energias renováveis que têm enorme potencial para o crescimento económico e

criação de emprego. Os estados membros da União Europeia (27) são obrigados pela directiva a entregar um plano de ação nacional para as energias renováveis (PANER).

A directiva das Energias renováveis estabelece os seguintes objetivos para 2020:

- Aumentar a quota de fontes de energia renováveis no consumo final de energia Europeu para 20%, a partir de aproximadamente 8,5% em 2005, através de metas nacionais obrigatórias;
- Alcançar a meta de 10% de energias renováveis nos transportes em todos os estados membros.

Objetivos destes são sinais para os investidores de que a aposta nas energias renováveis está incluída numa política coerente e de longo prazo. Neste sentido, a Comissão Europeia ciente de que a biomassa pode dar um contributo maior para a produção de energia primária elaborou um Plano de Ação para a Biomassa (CCE, 2005 a). Este plano estabelece um conjunto de medidas para promover a produção de energia a partir deste recurso. Entre as mais relevantes, pode-se destacar a sugestão de que os Estados-membros deverão elaborar os seus próprios planos, rever o valor de IVA no aquecimento de edifícios a biomassa, implementar e monitorizar ajuda às culturas energéticas, incentivar a investigação na área das biorefinarias e biocombustíveis, e desenvolver uma estratégia temática para o aproveitamento de resíduos.

A União Europeia tem uma política de liderança no problema das alterações climáticas e que é indissociável da sua política energética. O protocolo de Quioto teve como principal objetivo o estabelecimento de um compromisso vinculativo para a redução de GEE no período 2008-2012. Com as metas apontadas no período referido a redução de GEE representara uma redução de 5,2% em relação às emissões de 1990. A

União Europeia interessada em combater o problema, assumiu uma redução de emissões de GEE na ordem dos 8%, tendo repartido as reduções pelos diferentes países, assumindo desta forma o protocolo como um bloco.

O mecanismo de Quioto – o mercado de emissões, a implementação conjunta e o mecanismo de desenvolvimento limpo - favorecem o desenvolvimento da biomassa. O comércio de licenças de emissão, já em funcionamento ao nível europeu e regulamentado pela directiva 2003/87/CE, permite aos produtores de energia reduzirem as suas emissões através da combustão de biomassa. O mecanismo de desenvolvimento limpo e a implementação conjunta abrem o caminho ao desenvolvimento de projetos que reduzam as emissões de GEE. As centrais dedicadas de biomassa podem, neste contexto, ser elegíveis para reduzir as emissões de GEE e ajudar a alcançar as metas definidas.

A par com as metas estabelecidas, que vão no sentido de aumentar a relevância da bioenergia, estima-se que o potencial da bioenergia, que inclui os biocombustíveis, possa representar entre 15-16% das necessidades energéticas em 2030 na Europa (Wlesenthal *et al*, 2006).

1.4. UTILIZAÇÃO ATUAL DA BIOMASSA FLORESTAL EM PORTUGAL CONTINENTAL

O aproveitamento da biomassa está, desde sempre, ligado à necessidade de madeira para energia, nomeadamente para a utilização doméstica e industrial. Como exemplo, destaca-se a utilização de lenhas e carvão vegetal, que se continuam a comercializar, e que têm hoje origens tão distintas como o pinheiro, o eucalipto, a oliveira, a azinheira, entre outros.

A valorização energética da biomassa florestal, em resultado da execução das operações de instalação, gestão e extração florestal tem a vantagem de poder contribuir para a diminuição do risco de ocorrência de incêndios florestais através da redução do material combustível existente nas florestas. Adicionalmente, a biomassa existente pode ser transformada, pelas diferentes tecnologias de conversão, em energia térmica e elétrica, trazendo benefícios sociais, económicos e ambientais.

O aumento da utilização de energias renováveis é imprescindível, não só apenas por questões ambientais, mas também por questões de natureza económica. É nesse sentido que a utilização da biomassa deve ser equacionada e fomentada, pois, para além de incrementar o aparecimento e desenvolvimento de empresas locais no meio rural, constitui uma fonte de rendimento alternativa para os agricultores.

O mapa da figura 3 identifica os locais onde as potencialidades de cada fonte de energia renovável são maiores, tendo em conta os custos de produção e os impactos inerentes à escolha de um projeto produtor de energia. Pela análise da figura 3 verifica-se que a região de Aveiro e a zona a norte de Aveiro é potencialmente favorável ao desenvolvimento de indústrias de transformação de biomassa.



Figura 3 – Mapa de distribuição das potencialidades energéticas
(Rede Portuguesa Leader+, 2008)

1.4.1. A FLORESTA PORTUGUESA

Em Portugal Continental a área existente de floresta corresponde a cerca de $3,35 \times 10^6$ hectares. Esta parcela corresponde a um valor de 38% do total do território português. Da área florestal existente cerca de 75% são ocupados por três espécies de árvores; o *Pinus pinaster* (Pinheiro bravo), o *Quercus suber* (sobreiro) e o *Eucalyptus globulus* (eucalipto). A figura 4 apresenta a taxa de arborização por concelho e a figura 5 a área florestal por espécie arbórea.

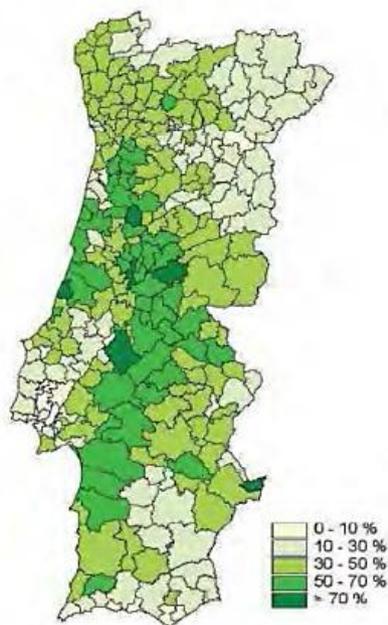


Figura 4 – Taxa de arborização por concelho
(fonte: DGRF, 2001)



Figura 5 – Área Florestal por espécie
(fonte: DGRF, 2007)

Relativamente às espécies arbustivas, as espécies mais comuns são: tojo (*Ulex europaeus*, *Ulex micranthus* e *Ulex minor*), as urzes (diversas espécies da família Ericaceae), a carqueja (*Pterospartum tridentatum*), as giestas (diversas espécies da ordem *Cytisus* e *Genista*), as estevas (*Cistus ladanifer* e *Cistus populifolius*) e as silvas (diversas espécies do género *Rubus*). A distribuição geográfica destas espécies de matos encontra-se na figura 6.

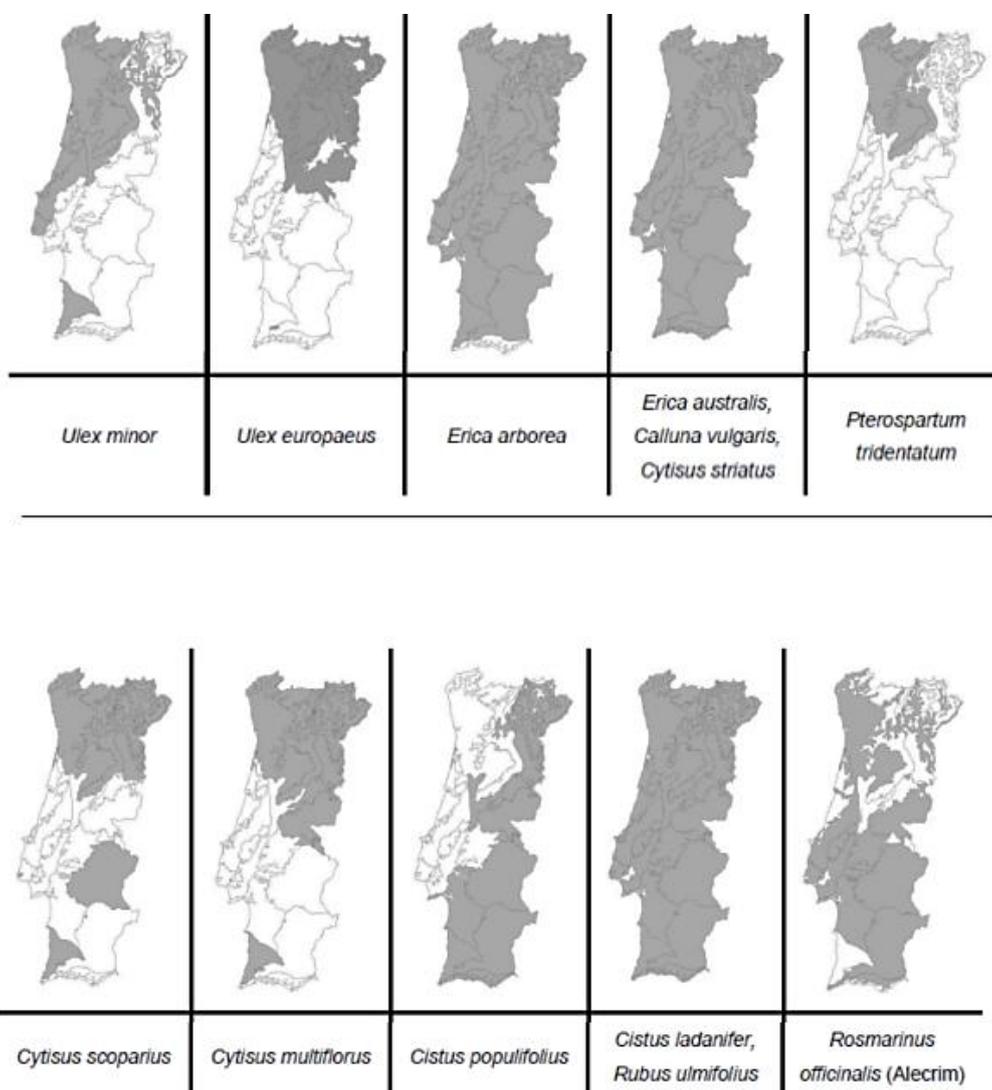


Figura 6 – Distribuição Geográfica de algumas espécies arbustivas em Portugal Continental

(UTAD, 2009)

A floresta portuguesa apresenta valores mais elevados no que diz respeito aos valores de uso direto e valores de uso indireto, extraíndo cerca de 344 €/hectare/Ano, ao passo que a Espanha fica pelos 90€/hectare/ano e a França pelos 292€/hectare/ano (DGRF, 2007).

A figura 7 mostra a comparação do valor económico total do setor florestal em Portugal e alguns países apresentado no estudo “Valuing Mediterranean Forests, Towards Total Economic Value” (Mendes *et al*, 2004).

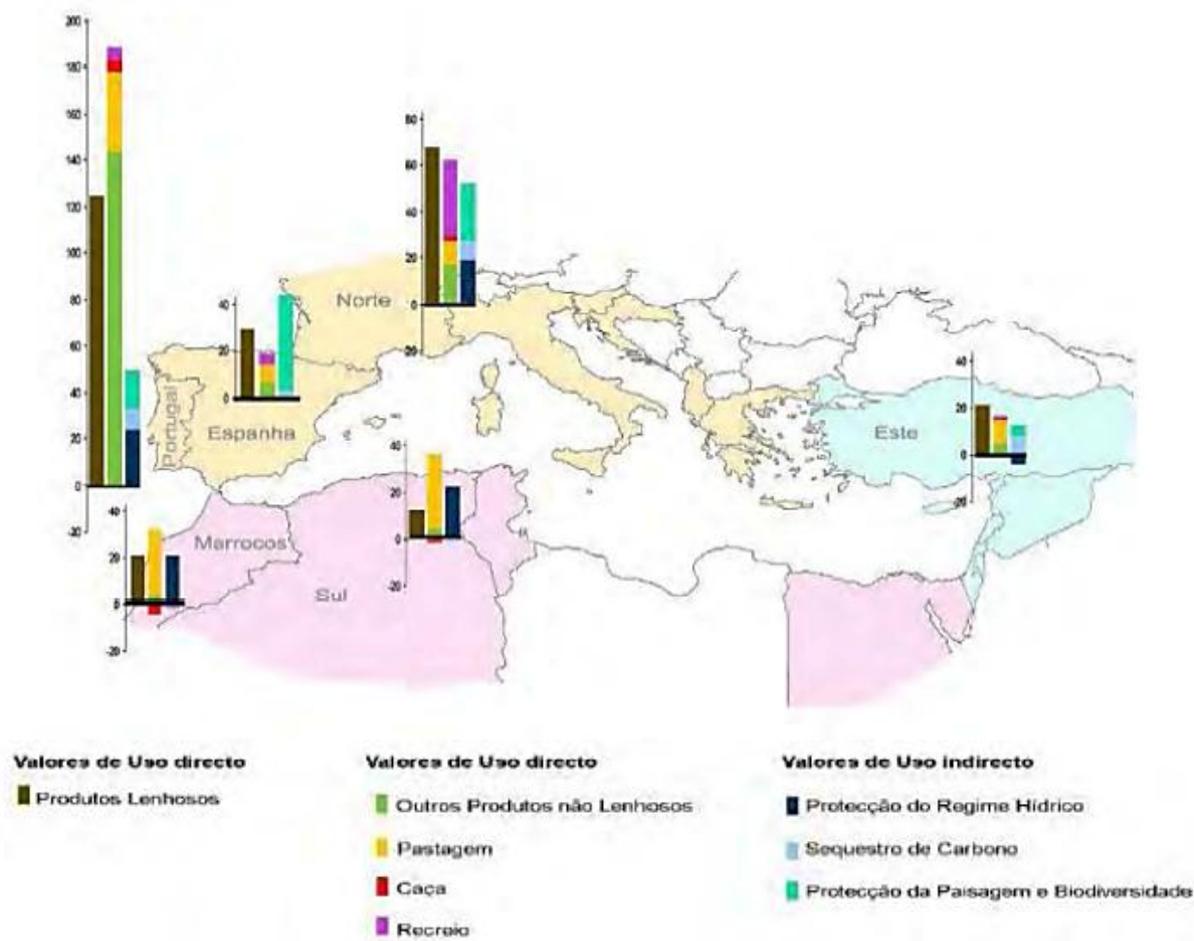


Figura 7 – Comparação do valor económico total do setor florestal em vários países (fonte: Merlo & Croiture, 2005)

Relativamente à estrutura da propriedade e características dos proprietários florestais, são de realçar algumas conclusões do estudo de Oliveira Batista & Terra Santos (2006):

- Quase 75% da superfície florestal de Portugal Continental pertence a proprietários florestais privados;
- 67% dos proprietários privados possuem áreas florestais inferiores a 5 hectares e apenas 4% tem áreas superiores a 100 hectares;
- O rendimento proveniente da floresta representou para 76% dos proprietários menos de 10% do rendimento do proprietário nos últimos dez anos.

Depois de uma breve caracterização da floresta em Portugal, é visível que a biomassa é um recurso energético com forte potencial em território nacional. Portugal é um dos países europeus com maior percentagem de área florestal, e também possui uma área absoluta de floresta superior à média europeia.

No entanto, esta disponibilidade pode ficar desaproveitada pelo facto dos proprietários privados possuírem áreas de reduzidas dimensões e fragmentadas, impossibilitando economias de escala. Outra razão que pode conduzir ao desinteresse pela floresta relaciona-se com ocorrência de incêndios florestais de grandes dimensões, proporcionados por condições climatéricas favoráveis: o clima mediterrâneo com verões quentes e secos favorece a ocorrência de incêndios.

Outros fatores que contribuem para a ocorrência deste tipo de desastres é o abandono rural, a acumulação de combustível, a negligência ou o fogo posto. O elevado risco de incêndio afasta ainda mais os proprietários da actividade florestal e conduz ao subaproveitamento dos recursos florestais.

A internacionalização do mercado florestal também tem contribuído fortemente para uma descida de preços da madeira e conseqüente desinteresse na produção por parte dos proprietários. A diminuição dos preços reflete as conseqüências da liberalização dos preços e concorrência dos mercados internacionais. Esta internacionalização deveu-se essencialmente a três fatores: a integração de Portugal na União Europeia, a evolução das regras do comércio internacional e o aproveitamento de vários tratados e convênios internacionais.

Na tentativa de salvar os negócios adjacentes ao setor florestal existem o Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa (PDSFP) e o Plano Nacional das Alterações Climáticas (PNAC) que visam entre outros objetivos, a fixação do carbono através do uso florestal, a promoção da utilização da madeira em produtos de longa duração, o melhoramento da eficácia de exploração e comercialização dos produtos florestais, e melhoramento e competitividade dos produtos florestais face aos materiais alternativos.

1.4.2. BIOMASSA FLORESTAL: OPORTUNIDADE E VALOR

No âmbito do aproveitamento energético, a biomassa direta da floresta é aquela que em Portugal tem suscitado maior interesse quer pelo potencial energético que representa quer pela quantidade produzida. A biomassa florestal para fins energéticos pode ser dividida em três grupos: primária, secundária e terciária de resíduos.

As principais fontes de resíduos primários são os resíduos de exploração de madeira que são subproduto das operações florestais convencionais (Hakkila & Parikka

2002). Resíduos industriais ou secundários são subprodutos de processos industriais florestais, incluindo a casca, serradura, aparas e lascas, pontas de corte transversal e secreções negras (Ranta, 2003). Madeira reciclada ou resíduos de nível terciário são outra fonte de biomassa para energia, constituídos predominantemente por produtos de construção, demolição e processos de embalagem (figura 8).

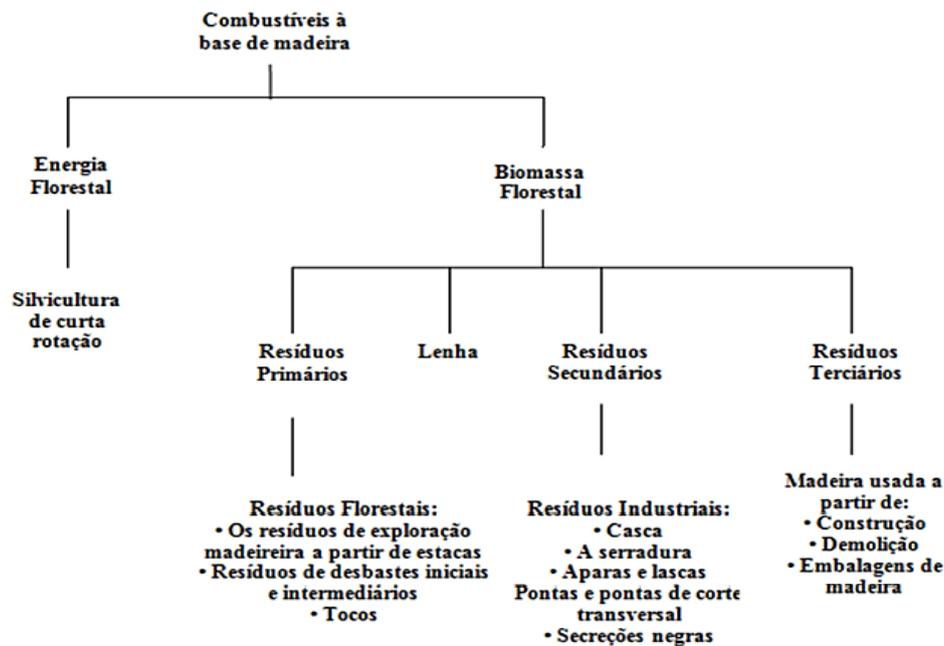


Figura 8 - Classificação de combustíveis à base de madeira

(Fonte: Adaptado Dominik Roser, 2008)

A biomassa florestal caracteriza assim um dos maiores recursos endógenos de que Portugal dispõe. O interesse na utilização da biomassa para fins energéticos em centrais dedicadas aumentou após alteração do valor da tarifa verde, para a energia elétrica produzida com base na biomassa, em 2005. Este aumento da tarifa representou aproximadamente 38% face ao valor anterior (CBE, 2001).

A Estratégia Nacional para as Florestas, (ENF) aprovada RCM nº 114/2006, de 15 de Setembro, reconheceu a importância que o setor florestal representa para o país

e destacou o valor dos recursos florestais nas suas diversas valências económicas, sociais, e ambientais (CBE, 2011).

A Estratégia Nacional para Energia (ENE) aprovada pela RCM nº29/2010, de 15 de Abril, considera as energias renováveis como uma alavanca para a política energética, dado o contributo destas para a promoção do crescimento económico e para a independência energética nacional. A conjugação dessas duas estratégias visa criar sinergias e contribuir para uma gestão profissional e sustentável da floresta, assim como para a concretização dos objetivos assumidos para o setor energético, nomeadamente o de atingir 31% de energia renovável até 2020 ao consumo de energia final.

A utilização energética da biomassa, no contexto florestal, representa uma forma de aumentar a eficiência dos recursos disponíveis, promovendo o desenvolvimento do setor; a viabilidade económica dos sistemas agroflorestais pelo associativismo e emparcelamento, contrariando a tendência atual de abandono; constituindo mais um favor do ordenamento e da gestão florestal até à indústria e simultaneamente garantindo a conservação dos recursos (CBE 2011).

No contexto energético o uso de biomassa permite contribuir para a diminuição forte da dependência energética. Portugal importa mais de 80% da energia que consome, interessa pois reduzir o desequilíbrio das contas externas que as importações de energia geram e simultaneamente contribuir para o cumprimento dos compromissos internacionais assumidos pelo governo, nomeadamente as metas do protocolo de Quioto (CBE, 2011).

As metas definidas para a produção de energia a partir de biomassa, a que se assistiu nos últimos 5 anos, não foram acompanhadas da geração de recurso, ou seja o

setor da biomassa debate-se hoje com uma grave barreira, a sustentabilidade e disponibilidade do recurso capaz de responder aos desafios propostos, aos projetos já licenciados e outros que possam surgir.

Na última década têm sido apresentadas diversas estimativas para o potencial de biomassa existente no país, valores que nem sempre são convenientemente identificados de acordo com a sua representatividade face ao universo da biomassa florestal.

Os estudos sobre a biomassa florestal em Portugal começaram em 1985 com o trabalho realizado pela consultora Arthur D. Little e pela Tecninvest. O estudo estava orientado por oito objetivos, dos quais sobressai a determinação da disponibilidade e custos dos resíduos florestais. A produção anual de resíduos florestais e resíduos da indústria da madeira foi avaliada em 3,54 milhões de toneladas verdes, proveniente na sua maioria da exploração florestal do pinheiro bravo, eucalipto e sobreiro (tabela 1). Para além do seu enorme contributo como pioneiro para a avaliação do potencial de biomassa florestal, o estudo fundamentou-se numa não menos importante amostragem de campo que culminou no desenvolvimento das primeiras equações para a estimação de biomassa florestal residual.

Origem	Peso verde (10 ⁶ t/ano)	%	Peso seco (10 ⁶ t/ano)	%
Pinheiro bravo	1,22	0,34	0,51	0,27
Eucalipto	0,91	0,26	0,40	0,21
Sobreiro	0,90	0,25	0,65	0,35
Outros resíduos florestais	0,30	0,08	0,20	0,11
Resíduos da indústria da madeira	0,22	0,06	0,11	0,06
Total	3,54		1,87	

Tabela 1 - Produção de resíduos florestais em Portugal por origem

(Fonte: A.D.Little&Tecninvest, 1985)

A ADENE e o INETI em 2001 procederam a uma nova estimativa da produção de biomassa em Portugal. Os resultados obtidos mostram que a floresta portuguesa pode fornecer anualmente cerca de 2 milhões de toneladas secas, enquanto o contributo da indústria transformadora da madeira foi estimado em 200 mil toneladas secas (ADENE & INETI, 2001). A estimativa efetuada para floresta inclui não só os ramos e bicadas, mas também os matos e a biomassa proveniente de áreas ardidas.

Em 2006, um estudo realizado por Campilho, baseado numa diferente abordagem de avaliação, concluiu que a produção de biomassa florestal proveniente da exploração do pinheiro bravo e do eucalipto, complementada com uma estimativa da produção de biomassa dos matos do subcoberto florestal perfazia um total de 5,1 milhões de toneladas secas, dos quais 1,4 e 1,1 milhões de toneladas provêm dos povoamentos de pinheiro bravo e eucalipto, respetivamente.

Comparando apenas a biomassa florestal residual proveniente dos povoamentos florestais, constata-se que as estimativas variam entre cerca 1,7 e 2,5 milhões de toneladas secas. Esta variabilidade é significativa dado que a estimativa mais elevada inclui apenas os povoamentos de eucalipto e pinheiro bravo, enquanto a estimativa mais baixa refere-se a todos os resíduos florestais.

Quando se fala de biomassa, e em particular de biomassa florestal para fins energéticos, deve-se ter particular atenção aos fatores que condicionam a rentável e sustentável utilização deste recurso. A biomassa florestal é um recurso muito heterogéneo, bastante disperso no território, associado a condições geográficas adversas e, muitas vezes, com escassas infra-estruturas associadas, o que o torna oneroso e de difícil exploração.

Importa distinguir alguns conceitos que contribuem para as grandes variações quanto aos valores da biomassa florestal frequentemente apresentados. O inventário florestal 2005-2006 (IFN) apresenta valores para o acréscimo médio anual de biomassa total e para a biomassa média por hectare e por espécie. Esses valores representam o potencial produtivo e dessas quantidades apenas uma parte pouco significativa representa a biomassa disponível para utilização energética.

Outra estimativa baseada no potencial produtivo, mas com uma validade mais próxima daquela que procura o equilíbrio entre a rentabilização do investimento e a manutenção da sustentabilidade, tem a ver com a disponibilidade da biomassa, ou seja biomassa disponível, quer seja para utilização energética ou qualquer outra.

O conceito de disponibilidade, associado à biomassa, entra em consideração com fatores limitantes, quer seja a nível da sua exploração nomeadamente, condicionantes físicas decorrentes do relevo e ambientais, do tipo de solo e outras que tornem restritivas a sua utilização. Importa verificar a disponibilidade ambiental da biomassa. Por outro lado devem ser avaliadas também as condicionantes económicas que poderão surgir quando a exploração da biomassa se torna de tal modo onerosa que impossibilita a rentabilização do seu uso, neste caso trata-se da disponibilidade económica.

Dado o exposto, é frequente que, tendo em conta as condições orográficas e a estrutura de propriedade da floresta, estudos prévios definam um potencial de biomassa florestal bastante elevado mas que, após a introdução no modelo de cálculo de adequadas restrições, se verifique uma redução significativa da biomassa considerada disponível. São exemplo os valores apresentados no Fórum das Energias Renováveis, 2002, onde se verifica uma redução de mais de 65% entre o potencial

produtivo e a disponibilidade. Num cenário de insustentabilidade do recurso, e para que a biomassa possa vir a dar o seu forte contributo na produção de energia a partir de fontes renováveis, é necessário criar condições para tornar o recurso sustentável e a sua utilização economicamente viável, nomeadamente através de dinamização de incentivos que promovam a disponibilidade de biomassa, quer através de boas práticas de gestão florestal, quer pelo aumento das áreas florestadas, quer pela diversificação das espécies através da introdução de culturas energéticas florestais.

É fundamental a integração da fileira da biomassa com várias fileiras já existentes no setor florestal, promovendo uma melhor floresta com uma maior e melhor produção em todas as suas vertentes produtivas.

1.5. BIOMASSA AGRÍCOLA EM PORTUGAL CONTINENTAL

Os resíduos, hoje em dia, não constituem um incómodo mas, na verdade, representam uma oportunidade efetiva para a criação de valor e para impulsionar o tecido social nele envolvido. Neste sentido, as actividades agrícolas podem ser um agente de mudança para um novo paradigma de gestão de resíduos, ou seja, contribuir para a produção dos bens necessários para a sociedade assegurando a máxima incorporação de recursos renováveis.

A agricultura portuguesa ocupa cerca de 34% da superfície total de Portugal. Pela análise da tabela 2, verifica-se que essa actividade é mais expressiva no Alentejo e no Norte do país onde atinge 41% e 21% da área ocupada, respetivamente. Essa actividade é menos notória na região Algarvia, onde ocupa, apenas, 4% da superfície.

Região do País	Superfície ocupada (x10 ³ ha)	Superfície ocupada (%)
Norte	640,0	21
Centro	572,4	19
Lisboa e Vale do Tejo	442,4	15
Alentejo	1243,3	41
Algarve	130,1	4
Total	3028,2	100

Tabela 2 - Superfície ocupada pela agricultura no território português (INE, 2006)

Segundo os dados fornecidos pelo INE, resumidos na tabela 3, a agricultura que se pratica continua a ser sustentada pelo cultivo de cereais (53%), que é responsável pela maior área ocupada pelas culturas temporárias. A exploração do olival e da vinha são responsáveis por cerca de 90% da área ocupada pelas principais culturas permanentes.

Culturas Temporárias	Superfícies (ha)
Trigo mole	120.639
Trigo duro	2.088
Milho	110.192
Centeio	26.079
Arroz	21.938
Aveia	54.064
Cevada	34.300
Tomate	13.684
Girassol	7.069
Culturas Permanentes	Superfície (ha)
Laranja	21.489
Maçã	21.292
Pêra	12.997
Pêssego	6.262
Vinho (a)	216.496
Azeite (a)	365.127

(a) Produção – Unidade: hl

Tabela 3 - Superfície ocupada pelas principais culturas temporárias e permanentes (INE, 2006)

A tabela 4 apresenta as principais culturas por região agrária, através da qual se verifica que o Alentejo continua a ser o “celeiro de Portugal” onde se continua a produzir em maior quantidade as principais culturas temporárias exceção feita ao centeio que é produzido em maior quantidade na região de Trás-os-Montes.

Relativamente às principais culturas permanentes, verifica-se que o Algarve é o maior produtor de Laranjas (72,5%), a região Oeste e do Ribatejo tem uma produção superior dos outros frutos e de vinho (33,5%), enquanto a região do Alentejo é aquela que produz mais azeitonas para a produção de azeite, cerca de 33%.

Culturas Temporárias	Entre Douro e Minho	Trás-os-Montes	Beira Litoral	Beira Interior	Ribatejo e Oeste	Alentejo	Algarve	TOTAL
Trigo Mole	37	12.854	1.522	1.126	4.667	36.596	1.419	58.221
Trigo Duro	37	12.854	1.522	1.126	15.068	260.097	2.093	292.797
Milho	241.924	26.161	230.761	55.737	618.255	370.559	13.552	155.695
Centeio	1.256	18.612	1.593	5.507	40	243	13	27.264
Arroz	-	-	32.168	-	55.640	60.410	1.037	149.255
Aveia	241	2.991	2.613	2.587	4.605	44.800	3.480	61.317
Cevada	3	422	127	110	3.696	20.890	992	26.240
Tomate	-	-	1.300	-	994.830	204.800	-	1.200.930
Girassol	-	-	3	-	204	13.710	-	13.917
Culturas Permanentes								
Laranja	5.157	4.108	9.714	3.644	27.349	16.045	174.446	240.463
Maçã	6.218	83.264	33.633	27.185	114.464	7.823	245	272.832
Pêra	848	3.923	3.518	3.492	170.000	3.980	758	186.519
Pêssego	1.219	3.857	2.012	12.497	23.499	2.905	5.807	51.796
Vinho (a)	988.039	1.708.517	804.585	421.407	2.416.572	838.449	24.031	7.201.600
Azeitona para azeite	2.464	79.315	31.835	49.923	29.770	98.800	8.592	300.699

Tabela 4 - Área das principais culturas por regiões agrárias do território português (INE, 2006)

Entende-se como resíduos agrícolas, aqueles que são provenientes de actividades agrícolas, sem utilização posterior na própria exploração. Assim, estão incluídas nesta definição as palhas dos cereais, os caules do girassol e do milho, as partes aéreas das principais plantas herbáceas e os ramos das podas das árvores.

Observando a, tabela 5 verifica-se que a região do Alentejo é aquela onde o quantitativo de resíduos produzidos é mais elevado, produzindo cerca de 34% da quantidade total de resíduos agrícolas gerados. Por outro lado a região do Algarve é aquela onde se produz menos resíduos, aproximadamente 1%.

	Norte	Centro	LVT	Alentejo	Algarve	TOTAL
Resíduos Agrícolas (ton/ano)	284.000	260.000	213.000	400.000	15.000	1.172.000

Tabela 5 - Resíduos agrícolas produzidos por região
(INETI, 2007)

A quantidade total de resíduos agrícolas gerados no território português (cerca de 1.172.000 ton), indicados na tabela 5, nem sempre está disponível para utilizar como biomassa. As palhas têm como aproveitamento principal a alimentação animal e o fabrico de camas para o gado, pelo que atinge um grande valor comercial (cerca de 35,2 €/ton), o que torna esta matéria-prima menos competitiva relativamente a outras.

As partes aéreas das plantas herbáceas constituem igualmente um resíduo de biomassa, no entanto, estas são deixadas no terreno para alimentação do gado ou, em alternativa, utilizadas como fertilizante.

No cultivo do girassol e do milho, os caules remanescentes são deixados no terreno. Após a debulha são queimados e, mais tarde utilizam-se as cinzas como fertilizante para a próxima cultura. Os resíduos do girassol e do milho são, assim, os únicos resíduos susceptíveis de possível utilização como biomassa, apesar de, numa situação de procura, possa ver o mercado alternativo de alimentação do gado a competir.

Relativamente às culturas permanentes, a utilização das lenhas de poda é contabilizada como fonte de energia renovável. Estas, contrariamente à palha, não têm mercado alternativo, o que significa que não têm valor comercial, podendo ser utilizadas em pequena escala para aquecimento doméstico. No entanto, esta fonte energética só está disponível de Outubro a Dezembro quando ocorre as podas das árvores.

1.5.1. UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA AGRÍCOLA PARA FINS ENERGÉTICOS

O reaproveitamento de resíduos de biomassa é uma das soluções para diversificar a matriz energética. Os vários elementos vegetais são apontados como ricas fontes para produzir energia elétrica e térmica. A biomassa é uma das fontes de produção de energia com maior potencial de crescimento. É apontada como alternativa para a diversificação da matriz energética em todo o mundo. O seu desenvolvimento está atrelado à necessidade de redução da dependência de resíduos fósseis, como o petróleo e o carvão, assim como de fontes renováveis que geram alto impacto ambiental, como a hidroeletricidade, além de favorecer o destino sustentável para resíduos urbanos, industriais e agrícolas.

Qualquer matéria orgânica capaz de ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é caracterizada como bioenergia. Pode ser de origem agrícola,

florestal ou resíduos urbanos e industriais. Palhas, cascas de frutos e árvores, cereais, bagaços, resíduos de podas e resíduos madeireiros apresentam grande potencial para geração de energia térmica e elétrica. Porém, alguns tipos de biomassa não têm grande aplicação, por causa dos custos logísticos de recolha e transformação.

A enorme produção agrícola portuguesa tem como consequência direta a produção de resíduos na mesma ordem de grandeza. Diversos estudos abarcam a questão da utilização energética de resíduos agrícolas, evidenciando o seu potencial energético, além de traçarem estratégias e classificarem as principais barreiras para a implementação e o aproveitamento do mesmo.

1.6. CULTURAS ENERGÉTICAS

As culturas energéticas são outra fonte de energia de biomassa. Estas culturas são obtidas a partir de plantas de crescimento rápido, árvores ou outras plantas herbáceas que são colhidas especificamente como biomassa para a produção de energia. O facto de existir um elevado número de terras agrícolas disponíveis para culturas não alimentares beneficia a instalação deste tipo de culturas. Toda a biomassa cultivada e colhida nestes terrenos é usada para fins energéticos, dando-se mais importância à quantidade produzida que propriamente à qualidade nutritiva.

Daremos aqui especial atenção a espécie lenhosa, que é a mais importante para a produção de biomassa florestal. Culturas de espécie lenhosa de curta rotação e de crescimento rápido são árvores cortadas após cinco a oito anos da sua plantação. Estas

incluem, por exemplo: o Salgueiro (*Salix* spp.), o Choupo (*Populus* spp.), o Eucalipto (*Eucalyptus* spp.), a Acácia (*Acacia* spp.), etc.

No entanto, existem outros tipos de plantações energéticas:

- Culturas de espécie herbácea e arbustiva que são colhidas anualmente após a toma de dois a três anos para atingirem plena produtividade. Estas incluem: Miscanthus (*Miscanthus giganteum*), Painço (*Panicum virgatum*), Cardo (*Cynara cardunculus*), Sorgo forrageiro (*Sorghum* spp.), Kenaf (*Hibiscus cannabinus*), Canado-Reino (*Arundo donax* L.), Esteva (*Cistus ladanifer* L.), Giesta (*Cytisus* spp.), etc.
- Culturas de espécies Oleaginosas, usadas para a produção de Biodiesel: Colza (*Brassica napus* L.), Girassol (*Helianthus annuus* L.), Soja (*Glycine Max*), Cardo (*Cynara cardunculus*), Erva purgueira (*Jatropha curcas*), Mamona (*ricinus communis* L.), Palma (*Elaeis guineensis*, Jacq.), etc.
- Culturas de espécies sacarinas, usadas para a produção de Bioetanol: Beterraba (*Beta vulgaris* L.), Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), Tupinambo (*Helianthus tuberosus* L.), cereais, etc.

Em Portugal a aposta em culturas energéticas é muito ténue, não havendo quase informação acerca da quantidade de culturas energéticas o que torna muito difícil inventariar as plantações energéticas existentes em Portugal. Uma das informações existentes surge da empresa “SOBIEN - Soluções de Energia. S.A.”, que segundo a informação prestada, em 2005 plantaram cerca de 200 hectares de cultura de cardo, obtendo uma produção de 15 a 20 ton/ha, e tinham em fase de instalação

mais 400 ha.¹ Esta espécie tem como produto principal a biomassa, permitindo a produção de biocombustível líquido e sólido.

Atualmente, em Portugal, existe um subsídio para culturas energéticas, facultado pelo Ministério de Agricultura, no valor de 45€/ha, até uma área máxima de 2 milhões de hectares. Segundo o Ministério de Agricultura, foi concedido na campanha de 2007/2008 subsídios de ajuda a 16.006 ha de culturas energéticas, 1.979 ha na zona do Ribatejo e Oeste e 14.026 ha no Alentejo. Esta informação não é muito útil, pois, a mesma não informa qual o tipo de cultura produzida.

Existem muitas plantações de eucalipto em Portugal, no entanto estas não têm como finalidade a utilização como biomassa, mas sim a indústria de celulose para a produção de pasta de papel.

Apesar da cultura de algumas espécies energéticas em Portugal começar a dar os primeiros passos, no norte da Europa e na Escandinávia estas já existem há alguns anos.

1.7. USO DE BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA

1.7.1. VANTAGENS

Das diferentes **vantagens** em diferentes campos de uso da biomassa que têm vindo a ser verificadas, torna-se necessário resumir as principais, uma vez que a biomassa é apontada como uma excelente oportunidade de negócio no campo energético. Das várias vantagens verificadas destacam-se:

¹ SOBIOEN – Soluções de Bioenergia, S.A., 52pp, 2006

- Dinamização das zonas rurais com a criação de emprego;
- Redução da emissão dos GEE;
- Auxílio no cumprimento das metas nacionais de produção de energia através de fontes renováveis;
- Elevada disponibilidade de biomassa por todo o país;
- Aumento da diversidade de oferta de energia, e possibilidade de armazenamento de energia;
- Diminuição dos riscos de incêndios;
- Balanço CO₂ neutro;
- Sequestro de carbono no biocarvão – balanço de CO₂ negativo;
- Diminuição de Pragas;
- Dinamização e criação de florestas mais sustentáveis.

Tendo em consideração a integração do aproveitamento da biomassa florestal no objetivo da protecção da floresta contra os incêndios, as medidas de promoção de biomassa florestal deverão ser articuladas com as de redução do risco de incêndio.

As medidas de limpeza preventiva são prioritárias, de forma a diminuir o risco de incêndio associado e utilizar o produto obtido nessas intervenções para fins energéticos.

O aproveitamento da biomassa, como fonte de energia renovável, pode revelar-se uma oportunidade de valorização do mundo rural através da melhoria da gestão das explorações, na criação de empreendimentos e de emprego.

O aumento no recurso a energias renováveis irá contribuir para atingir os compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto de redução das emissões de gases com efeito de estufa.

A biomassa é um recurso abundante em Portugal que, se for devidamente explorado, vai permitir reduzir substancialmente a dependência energética.

1.7.2. LIMITAÇÕES

Como qualquer outro combustível, o seu uso e toda a logística inerente, apresentam várias limitações e desvantagens. O mesmo se verifica com o uso da biomassa. Das principais **limitações** apontam-se:

- É um combustível taxado com 23% de IVA na atualidade, ao passo que determinados combustíveis fósseis como o gás natural e outros têm um menor imposto sobre o valor acrescentado inerente ao seu uso – este fator é realmente limitativo e representa uma desvantagem ao uso de biomassa florestal residual enquanto combustível.
- Este facto parece ir ao encontro da estratégia energética nacional;
- Fraco conhecimento e experiência de aproveitamento energético de biomassa;
- Inexistência de equipamentos específicos de recolha de resíduos, com as inerentes dificuldades de recolha e comercialização e limitações inerentes ao tipo de propriedade: dimensão, dispersão e orografia;
- O aproveitamento de resíduos resultantes da exploração florestal encarado separadamente da exploração de material lenhoso;
- Incêndios florestais;
- Ausência de mercado para resíduos florestais, não se criou a tradição de recolha de resíduos em grande escala;

- Dificuldades de abastecimento pela existência de diferentes fontes e agentes intervenientes na fileira florestal, que não se dedicam exclusivamente ao negócio da biomassa;
- Falta de conhecimento científico que justifique o balanço entre a recolha de resíduos e o fundo de fertilidade dos solos;
- Falta de informação quanto às políticas, os incentivos e as tecnologias a usar.

Qualquer que seja a fonte de energia renovável considerada convém ter presente que há, em primeiro lugar, obstáculos de ordem estrutural ao seu desenvolvimento. O sistema económico e social foi concebido e desenvolvido de forma centralizada em torno das energias convencionais (carvão mineral, petróleo, gás natural e energia nuclear) e da produção de energia elétrica.

Um dos problemas na difusão e maior aproveitamento dos resíduos é a sua baixa densidade energética que ao encarecer o transporte, implica que o mesmo só se faça de forma rentável para pequenas distâncias.

Terão que ser equacionadas práticas de compactação ou estilhaçamento no local de recolha do material vegetal, de modo a rentabilizar economicamente o transporte e evitar um acréscimo da circulação rodoviária.

Existe alguma relutância por parte da sociedade Portuguesa, em aceitar o recurso à biomassa como fonte de energia renovável. É um produto novo para uma grande parte da população em geral e existe uma falta de divulgação deste tipo de energia renovável.

2. POTENCIAL ENERGÉTICO DE CALOR

2.1. POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA FLORESTAL

O poder calorífico superior de um determinado combustível é a máxima quantidade de energia passível de ser aproveitada da queima completa de uma unidade de massa dessa substância (CBE, 2008). Assim, o poder calorífico é determinado a partir de uma amostra de biomassa, introduzida num calorímetro iso-hiperbólico, em condições controladas, numa atmosfera de oxigénio. Este poder calorífico é calculado a partir de medidas de temperaturas (onde são usados sensores eletrónicos), efetuadas antes, durante e após o processo de combustão, eliminando a contribuição de outros processos de transferência de calor externos (CBE, 2008).

2.1.1. POTENCIAL ENERGÉTICO DE BIOMASSA PRIMÁRIA - TRONCOS

Vamos aqui apresentar os resultados do estudo feito pela universidade de Vigo² no âmbito do projeto de cooperação Silvaplus sobre as características físicas das principais espécies florestais da euro-região (Norte de Portugal e Galiza) de forma a avaliar o seu interesse como biomassa florestal para a produção de calor. Assim apresentamos os vários quadros³ por espécie de árvore cujo critério de avaliação está esquematizado na tabela 6:

² Torres, Luis Ortiz – *Caraterização da biomassa florestal de interesse energético existente no sul da Galiza e norte de Portugal*. Actividade 3 – Logística do aproveitamento da biomassa para fins energéticos (RESUMO). Universidade de Vigo, Dezembro 2013

³ Torres, Luis Ortiz – *Caraterização...*

Excelente	PCI > 21000 kJ/kg	Bom	PCI > 19000 kJ/kg
	% Cinzas < 1		% Cinzas < 1,5
Muito Boa	PCI > 20000 kJ/kg	Regular	PCI > 18000 kJ/kg
	% Cinzas < 1,5		% Cinzas < 2

PCI: Poder calorífico inferior a 0% de humidade

Tabela 6 - Critérios de qualidade relativa da biomassa florestal primária

EUCALYPTUS GLOBULUS

Nome científico:

Eucalyptus globulus Labill

Nome comum:	Eucalipto
Altura:	Até 60m
Regeneração:	Rebentação de toiça e plantação
Uso habitual da madeira:	Celulose, serração
Outros usos:	Óleos, lenhas, móveis
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PClo : > 20.000 kJ/kg Muito bom

Quadro 1 - Eucalipto

PINUS PINASTER

Nome científico:

Pinus pinaster Ait

Nome comum:	Pinheiro-bravo
Altura:	Até 20m
Regeneração:	Semente e plantação
Uso habitual da madeira:	Serração, resina
Outros usos:	Postes, lenha
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PClo : > 20.000 kJ/kg Muito bom para o lenho e relativamente bom para ramos e casca pelo elevado teor em cinzas

Quadro 2 – Pinheiro-bravo

QUERCUS ROBUR

Nome científico:

Quercus robur L.

Nome comum:

Carvalho-robe, Carvalho-alvarinho

Altura:

Até 40m

Regeneração:

Rebentação de toiça e plantação

Uso habitual da madeira:

Serração, resina

Outros usos:

Carvão vegetal, lenha, paisagem

Grau de adequação para a sua utilização energética:

PCI: > 20.000 kj/kg

Muito bom para o lenho e bom para os ramos pelo elevado teor em cinzas.

Quadro 3 – Carvalho

ACACIA SPP

Nome científico:

Acacia dealbata

Nome comum:

Mimosa

Altura:

Até 12m

Regeneração:

Rebentação do cepo e da raiz

Uso habitual da madeira:

*

Outros usos:

*

Grau de adequação para a sua utilização energética:

PCI: > 20.000 kj/kg

Muito bom

Quadro 4 - Acácia

ALNUS GLUTINOSA

Nome científico:

Alnus glutinosa L.

Nome comum:

Amieiro

Altura:

Até 20m

Regeneração:

Rebentação do cepo e plantação

Uso habitual da madeira:

Carpintaria, tornearia

Outros usos:

Taninos da casca

Grau de adequação para a sua utilização energética:

PCI: > 20.000 kj/kg

Muito bom

Quadro 5 – Amieiro

CASTANEA SATIVA

Nome científico:

Castanea sativa Mill.

Nome comum:	Castanheiro
Altura:	Até 35m
Regeneração:	Rebentação do cepo e plantação
Uso habitual da madeira:	Construção, carpintaria, marcenaria
Outros usos:	Fruto, ornamental
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI: > 19.000 Kj/kg Bom, apesar do baixo PC e teor em cinzas elevado

Quadro 6 – Castanheiro

FRAXINUS ANGUSTIFOLIA

Nome científico:

Fraxinus angustifolia Vahl.

Nome comum:	Freixo
Altura:	Até 15m
Regeneração:	-
Uso habitual da madeira:	Carpintaria, marcenaria
Outros usos:	Lenha
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI: > 19.000 Kj/kg Bom, com PC e cinzas do tipo intermédio

Quadro 7 - Freixo

FAGUS SYLVATICA

Nome científico:

Fagus sylvatica L.

Nome comum:	Faia
Altura:	Até 40m
Regeneração:	Rebentação dos cepos, semente e plantação
Uso habitual da madeira:	Mobiliário, carpintaria
Outros usos:	Lenha
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI: > 19.000 Kj/kg Bom

Quadro 8 - Faia

POPULUS

Nome científico:

Populus spp.

Nome comum:	Choupo
Altura:	Até 30m
Regeneração:	Rebentação dos cepos e plantação
Uso habitual da madeira:	Carpintaria, ornamental
Outros usos:	Celulose, lenha
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI: > 19.000 Kj/kg Bom, com valores médios de cinzas e PC

Quadro 9 - Choupo

PRUNUS AVIUM

Nome científico:

Prunus avium L.

Nome comum:	Cerejeira
Altura:	Até 25m
Regeneração:	Rebentação da raiz e plantação
Uso habitual da madeira:	Marcenaria, tanoaria
Outros usos:	Lenha
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI: > 19.000 Kj/kg Bom

Quadro 10 – Cerejeira

SALIX ATROCINEREA

Nome científico:

Salix atrocinerea Brot.

Nome comum:	Salgueiro-preto
Altura:	Até 9m
Regeneração:	Rebentação do cepo e da raiz, plantação
Uso habitual da madeira:	Cestaria, mobiliário
Outros usos:	Ambientais, paisagísticos
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI: > 19.000 Kj/kg Bom, pelos conteúdos em cinza e PC de tipo intermédio

Quadro 11 – Salgueiro-preto

ARBUTUS UNEDO

Nome científico: *Arbutus unedo L.*

Nome comum:	Medronheiro
Altura:	Até 5m
Uso habitual da madeira:	Tornearia, marcenaria
Outros usos:	Lenha
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI : > 20.000 kj/kg Muito bom, pelo elevado PC

Quadro 12 – Medronheiro

CYTISUS STRIATUS

Nome científico: *Cytisus striatus Hill.*

Nome comum:	Giesta-das-serras
Altura:	Até 3m
Uso habitual da madeira:	Lenha
Outros usos:	-
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI : > 19.000 Kj/kg Bom

Quadro 13 – Giesta-das-serras

ERICA ARBOREA

Nome científico: *Erica arborea L.*

Nome comum:	Urze-branca
Altura:	Até 4m como arbusto e até 20m como árvore
Uso habitual da madeira:	Tornearia
Outros usos:	Carvão vegetal
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI : > 20.000 kj/kg Muito bom pelo elevadíssimo PC e cinzas do tipo intermédio

Quadro 14 – Urze-branca

PTEROSPARTUM TRIDENTATUM

Nome científico: *Pterospartum tridentatum*

Nome comum:	Carqueija
Altura:	Até 4m
Uso habitual da madeira:	Lenha
Outros usos:	Medicinal
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI: > 20.000 kj/kg Muito bom pelo elevadíssimo PC

Quadro 15 - Carqueija

ULEX EUROPAEUS

Nome científico: *Ulex europaeus L.*

Nome comum:	Tojo
Altura:	Até 5m
Uso habitual da madeira:	Lenha
Outros usos:	Cama para o gado
Grau de adequação para a sua utilização energética:	PCI: > 20.000 kj/kg Muito bom pelo elevadíssimo PC

Quadro 16 - Tojo

Pela análise dos quadros 1 a 16 podemos avaliar o potencial energético de cada espécie. Os valores são aproximados uma vez que há variações nas análises feitas conforme podemos verificar nas tabelas 7 e 8 elaboradas por outros autores:

Espécie Florestal	Poder calorífico superior (kJ/kg)
Eucalipto	20 226
Pinheiro-bravo	21 500
Pinheiro-manso	20 513
Carvalho	17 925
Castanheiro	17 625
Azinheira	14 235
Sobreiro	14 235
Acácia	18 930

Tabela 7 – Poder calorífico superior (base seca) das principais espécies florestais em Portugal

Biomassa florestal	Poder calorífico (kJ/kg)
Urze	23 850
Tojo	21 050
Carqueja	22 600
Erva-fina	16 500
Feto	18 700

Tabela 8 - Poder calorífico (base seca) de vários recursos herbáceos ou arbustivos (João Dias, 2002)

2.1.2. POTENCIAL ENERGÉTICO DE RAMOS E BICADAS

Na tabela 9 estão descritos os poderes caloríficos dos ramos e bicadas do pinheiro e do eucalipto, como espécies mais utilizadas em Portugal na indústria de mobiliário e na celulose respetivamente, dando origem a resíduos não utilizados por estes agentes económicos.

Espécie	Resíduo florestal	Poder Calorífico Superior (kJ/kg)
Pinheiro	Ramos	19 085,93
	Bicadas	20 287,04
Eucalipto	Ramos	17 537,01
	Bicadas	21 334,15

Tabela 9 - Poder calorífico dos ramos e bicadas do pinheiro e eucalipto (CBE, 2008)

A tabela 10 apresenta o poder calorífico dos resíduos provenientes dos ramos e das árvores na limpeza das matas, e referem-se a análises feitas em 2002, sendo uma excelente fonte de energia para a produção de biocombustíveis sólidos.

Resíduo florestal	Poder calorífico (kJ/kg)
Eucalipto (folhas)	22 500
Eucalipto (ramos finos)	20 000
Pinheiro bravo	21 500
Pinheiro bravo (ramos)	20 500

Tabela 10 - Poder calorífico de vários resíduos florestais (João Dias, 2002)

2.2. POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Relativamente aos resíduos agrícolas, estes dizem respeito aos resíduos deixados no campo após a colheita, tais como a matéria resultante de podas de árvores, colheitas e limpezas. A produção de palha a partir dos cereais, cascas de arroz e café são tidos mundialmente como os resíduos mais abundantes.

Na tabela 11 é possível observar uma estimativa de valores de energia obtidos com o aproveitamento de alguns tipos de resíduos para Portugal.

Estimativa para Portugal	
Tipo	Energia (peta joules)
Palha de cereal	5,4
Bagaço de azeitona	0,6
Resíduos de podas de vinha, frutícolas e olivícolas	8,5
Resíduos da amêndoa e da vinificação	11,8
TOTAL	16,3

Tabela 11 - Energia potencial contida em resíduos agrícolas
(MADRP, 2009)

Na tabela 12 apresentam-se os valores caloríficos de alguns resíduos agrícolas que poderão ser considerados com potencial de utilização na produção de calor.

Resíduos agrícolas	kJ/kg
Palha de cereais (em base seca)	17 522
Palha de trigo	17 112
Palha de cevada	16 144
Palha de aveia	16 550
“Carolo” de milho	16 295
Cana de milho	15 813
Cana de girassol	13 089
Podas de fruteiras (frutos secos e citrinos)	14 654
Podas da amendoeira (em base seca)	18 003
Podas de oliveira	18 117
Sarmentos de videira (em base seca)	17 794
Cascas de Amendoim	13 248
Bagaço de Azeitona	12 560
Engaço de vinho	17 568
Cascas de Amêndoa	17 585
Cascas de Avelã	20 200
Cascas de Noz	21 600
Caroço de Azeitona	18 739
Podas de Macieira	18 217

Tabela 12 - Poder calorífico de resíduos agrícolas

(Ramirez, 1985 – Rojas et al, 1982)

CONCLUSÃO

Na primeira parte do estudo elaborou-se uma pesquisa acerca da biomassa florestal e agrícola em Portugal, bem como a situação energética atual do país, com base em dados estatísticos e de bibliografia disponível e pelas várias entidades, como o INE, DGF, CBE entre outras.

De uma forma genérica pode-se afirmar que o atual modelo energético é algo insustentável e até mesmo irrealista, devido à enorme dependência que se faz sentir pelos combustíveis fósseis, principalmente pelo petróleo. Mediante estas circunstâncias e todos estes fatores, é necessária uma revisão das políticas energéticas a nível global, de forma a adotar uma série de estratégias, entre as quais se destaca a diversificação de fontes de energia e o crescente emprego de energias renováveis.

A estratégia do aproveitamento energético da biomassa florestal e agrícola revela-se de extrema importância para estes dois setores, podendo mesmo contribuir para o desenvolvimento rural e regional.

Neste sentido, e com a realização deste estudo, pretende-se potenciar a exploração e o aproveitamento racional dos recursos florestais e agrícolas, em particular a componente resultante à biomassa, se otimizar os vários processos envolvidos na recolha, na triagem e no próprio armazenamento destes recursos.

Presentemente, quer na Europa quer nos Estados Unidos da América, as energias renováveis contribuem com 6% da energia primária usada, o que corresponde



a cerca de 60 Mtep. Dada esta enorme importância relativamente à biomassa, uma vez que ela contribui com cerca de 60% no leque das energias renováveis.

Do estudo elaborado poder-se-á afirmar que Portugal possui um enorme potencial no que diz respeito à biomassa, quer agrícola quer florestal. Relativamente à biomassa proveniente das florestas, os números são significativos, sendo o pinheiro bravo, o eucalipto, o sobreiro e a azinheira as espécies mais abundantes ocupando, no conjunto, quase 85% da área florestal portuguesa.

Estima-se com base no estudo realizado que a produção de resíduos através das operações florestais, varia entre os 1,7 e os 2,5 milhões de toneladas secas, apesar de esta variação ser significativa, esta só se justifica porque o valor mais elevado inclui apenas os povoamentos de eucalipto e pinheiro bravo, enquanto o valor mais baixo se refere a todos os resíduos florestais.

Em relação à biomassa proveniente da agricultura, esta constitui uma solução para diversificar a matriz energética, sendo uma fonte importante para a produção de biocarvão, calor e eletricidade. A agricultura portuguesa ocupa cerca de 34% da superfície total de Portugal. Verifica-se ainda que essa actividade é mais expressiva no Alentejo e no Norte do país onde atinge 41% e 21% da área ocupada, respetivamente. Essa actividade é menos notória na região Algarvia, onde ocupa, apenas, 4% da superfície.

O tema de maior importância diz respeito ao potencial energético de calor de cada biomassa agrícola e florestal. Por isso, podemos afirmar com Loução que “a biomassa, como recurso renovável que é, assume especial relevância na Estratégia



Nacional para a Energia, não sendo a solução direta para substituir os combustíveis fósseis, no entanto, aparece como mais um contributo para uma política mais adequada, tanto a nível ambiental como a nível económico, para o setor energético português, permitindo a integração entre as políticas florestais e ambientais com as políticas energéticas” (LOUÇÃO, 2008). “A biomassa é neste momento altamente competitiva em termos de valor calorífico e muito mais valiosa se contabilizada à luz dos critérios de Quioto e do seu valor social” (LOUÇÃO, 2008).



BIBLIOGRAFIA

MOREIRA, Carlos (2012). *Avaliação do Potencial Energético da Biomassa nas sub-regiões do Minho-Lima, Ave, Cávado e Grande Porto*. FEUP.

SÁ, Artur (2009). *Caracterização da recolha de matéria-prima para a produção de pellets*. Universidade de Aveiro.

OLIVEIRA, Luiz (2011). *Aproveitamento energético de resíduos agrícolas – o caso da agroeletricidade distribuída*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

TEIXEIRA, Luís (2009). *Opções de utilização da biomassa florestal no contexto energético de Portugal*. FEUP.

ENERSILVA (2007). *Promoção do uso da biomassa florestal para fins energéticos no sudoeste da Europa*.

MOURINHO, Tiago (2011). *Avaliação do potencial energético da biomassa florestal residual na zif de arade-alte/ são bartolomeu de messines*. Universidade do Algarve.

SOBIOEN – Soluções de Bioenergia, S.A., 52pp, 2006.

PROJETO ENERSUR (2005). *Avaliação do potencial de biomassa da região do Algarve*.

Loução, I. (2008). *Valorização da biomassa florestal, proveniente da doença de nemátodo de pinheiro, para produção de pellets*. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

Direção Geral Geologia e Energia (DGGE), 2006. *Estatísticas de Energia*, disponível em <http://www.dge.pt>.



Comissão das Comunidades Europeias (CCE), 1997. *Energy for the Future: Renewable Sources of Energy – White Paper for a Community Strategy and Action Plan.*

Centro de Biomassa para Energia (CBE), 2011. *Biocombustíveis Sólidos no Mercado de Calor – Contexto Nacional. Workshop – Biocombustíveis sólidos – Produção, Qualidade e Utilização no Mercado de Calor.*

ADENE/INETI, 2001. *Fórum Energias Renováveis em Portugal, Relatório síntese.*

International Energy Agency (IEA), 2003a. *Energy Balances of non- OECD Countries 2000-2001.* Paris.

[http://www.dw.de/res%C3%ADduos-agr%C3%ADcolas-com-potencial-energ%C3%A9tico/a-16975979.](http://www.dw.de/res%C3%ADduos-agr%C3%ADcolas-com-potencial-energ%C3%A9tico/a-16975979)

Torres, Luis Ortiz – *Caraterização da biomassa florestal de interesse energético existente no sul da Galiza e norte de Portugal.* Actividade 3 – Logística do aproveitamento da biomassa para fins energéticos (RESUMO). Universidade de Vigo, dezembro 2013.

MATIAS, Carla Sofia Campos - *Culturas Bioenergéticas.* Dissertação de mestrado em engenharia mecânica. UTAD. Vila Real, 2010.

INETI - *Avaliação do potencial de biomassa da região do Algarve.* Relatório final. Maio 2006.