



**Estudo do impacto logístico e aproveitamento da
mão-de-obra regional para a recolha e transporte
das podas para uma unidade industrial regional**

**Projeto n.º 34001
Ibero Massa Florestal, Lda**



Fevereiro 2014



ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABELAS	4
INTRODUÇÃO	6
1. CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DA BIOMASSA EM PORTUGAL	8
1.1. CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DA BIOMASSA FLORESTAL	8
1.2. CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DA BIOMASSA AGRÍCOLA	16
2. EXPLORAÇÃO DA BIOMASSA AGROFLORESTAL	24
2.1. EXPLORAÇÃO DA BIOMASSA PROVENIENTE DA FLORESTA	24
2.2. EXPLORAÇÃO DA BIOMASSA PROVENIENTE DA AGRICULTURA	27
3. RECOLHA DA BIOMASSA	29
3.1. RECOLHA DA BIOMASSA FLORESTAL	30
3.2. RECOLHA DE BIOMASSA AGRÍCOLA	33
4. TRANSPORTE DE BIOMASSA	34
5. ESTUDO DE IMPACTO LOGÍSTICO NO DISTRITO DE VISEU	37
5.1. AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE RECOLHA E TRANSPORTE DE BIOMASSA AGROFLORESTAL	37
5.2. RESULTADOS	40
5.2.1. PRODUTIVIDADE, TEMPO E CUSTO	40
5.2.2. BALANÇO ECONÓMICO E ENERGÉTICO	42
CONCLUSÃO	48
BIBLIOGRAFIA	50



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Divisão de Portugal Continental por NUT II.....	10
Figura 2 - Distribuição da biomassa e madeira numa árvore	26
Figura 3 - Máquina de enfardar.....	31
Figura 4 - Estilhaçamento com facas, à esquerda e trituração com equipamento de martelos, à direita	32
Figura 5 - Veículo de transporte de biomassa.....	36
Figura 6 - Localização da área de estudo.....	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de <i>Pinheiro Bravo</i> em Portugal Continental	10
Tabela 2 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de <i>Sobreiro</i> em Portugal Continental.....	11
Tabela 3 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de <i>Eucalipto</i> em Portugal Continental.....	11
Tabela 4 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de <i>Azinhreira</i> em Portugal Continental.....	12
Tabela 5 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de <i>Carvalhos</i> em Portugal Continental.....	12
Tabela 6 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de <i>Castanheiros</i> em Portugal Continental.....	13
Tabela 7 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de <i>Outras folhosas</i> em Portugal Continental	13
Tabela 8 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de <i>Outras Resinosas</i> em Portugal Continental	14
Tabela 9 - Quantificação das espécies de árvores florestais em Portugal Continental em 1995, 2005 e 2010	15
Tabela 10 - Produção das principais culturas	17



Tabela 11 - Produções médias anuais, a nível nacional, da biomassa proveniente das podas das principais culturas agrícolas de porte arbóreo, compiladas com base nos dados publicados nas estatísticas agrícolas 2008	18
Tabela 12 - Quantificação de hectares de vinha por região.....	20
Tabela 13 - Quantidade de podas de vinha por região	21
Tabela 14 - Distribuição do Olival por região	22
Tabela 15 - Distribuição de podas de olival por região	23
Tabela 16 - Caracterização das zonas de estudo.....	39
Tabela 17 - Produtividade (ton/h), tempo gasto (min/ton) e custos (€/ton) de cada operação.....	42
Tabela 18 - Balanço económico para as zonas 1 e 2	44
Tabela 19 - Balanço energético para a zona 1.....	46
Tabela 20 – Balanço energético para a zona 2.....	47

INTRODUÇÃO

A biomassa constitui a fração biodegradável de produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da floresta e das indústrias conexas bem como da actividade industrial e urbana (Directiva 2003/30/CE).

Esta biomassa terá diversos aproveitamentos: como fonte de energia e como fonte de matéria orgânica a ser utilizada nos solos agrícolas em processo de compostagem ou depois de ser transformada em biocarvão como um excelente reestruturador dos solos agrícolas com melhores resultados em solos mais áridos. A recolha desta biomassa e seu tratamento contribuirá de forma significativa para a redução do material combustível no solo. Esta redução contribui para a diminuição do risco de incêndios e conseqüentemente beneficiará o ambiente na redução de emissão de CO₂ para a atmosfera. A recolha de toda esta biomassa florestal e agrícola será um contributo importante na criação de um mercado que promova o aproveitamento deste material e reduza os custos com a limpeza das florestas e dos campos agrícolas.

O objetivo deste estudo é mostrar que a recolha e tratamento de biomassa agrícola e florestal residual contribuirá para a criação de emprego e desenvolvimento económico na região onde se processa a recolha e transporte das podas provenientes do setor agrícola e florestal. Assim, estudos sobre o impacto logístico e de mão-de-obra para a recolha e transporte desta biomassa são importantes pois permitem estimar os custos associados a cada operação e auxiliar na elaboração de balanços energéticos e económicos.



Neste estudo em concreto vamos analisar e estimar os custos de mão-de-obra bem como de transporte para a recolha e tratamento da biomassa florestal residual em dois concelhos do distrito de Viseu: Mangualde e Mortágua. Sendo distâncias diferentes destes concelhos ao ponto de entrega da biomassa tratada, será importante saber qual o custo nos dois concelhos no que se refere à recolha, tratamento e carregamento da respetiva biomassa residual. Num concelho a biomassa será enfardada para diminuir o volume, noutra será estilhada. Nestes concelhos há também muita biomassa residual proveniente das podas da vinha, mas iremos focar-nos na biomassa florestal residual apenas por questões de metodologia podendo por analogia estender os resultados do estudo à recolha e tratamento da biomassa agrícola.

1. CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DA BIOMASSA EM PORTUGAL

1.1. CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DA BIOMASSA FLORESTAL

O setor florestal Português é correntemente apontado como uma riqueza estratégica, cuja necessidade de preservação e de desenvolvimento acolhe unanimidade Nacional. A alternativa ao modelo energético tradicional consiste na consciencialização para produção e consumo de energias renováveis tanto pela sua disponibilidade garantida como pelo seu menor impacto ambiental. Neste contexto, a queima de biomassa florestal com fins energéticos é considerada uma resposta promissora como fonte de energia renovável e de alternativa aos combustíveis fósseis, pois o seu ciclo de vida provém da existência do sol.

O mercado da biomassa florestal tem vindo a desenvolver-se bastante nos últimos anos na Europa. Portugal, apesar de ter um desenvolvimento considerável através da sua indústria florestal, apenas nos últimos anos começa a encarar as oportunidades que este recurso pode oferecer.

Portugal Continental tem cerca de 33 000 km² de floresta, o que segundo dados da Direção Geral dos Recursos Florestais (DGRF), corresponde a cerca de 38% do território nacional, tendo a área arborizada tendência a aumentar caso sejam aproveitadas todas as áreas de incultos e áridas que, segundo dados da DGF, ocupam uma parcela de cerca de 2 300 000 ha. Assim sendo, o continente português é muito rico em matérias-primas para a produção de biomassa sólida. Com base nestes dados,

poder-se-á afirmar que mais de um terço do território português é ocupado por área florestal e consequentemente por resíduos produzidos pela limpeza de matos, corte de árvores, etc.

Com o surgimento das energias renováveis, estes dados fazem incidir alguma luz sobre o potencial da biomassa no desenvolvimento da Humanidade, salientando o facto deste tipo de energia renovável ter sido utilizada na pré-história pelo Homem para satisfazer tradicionalmente as suas necessidades imediatas. Estima-se que anualmente em Portugal sejam produzidos cerca de 6,5 milhões de toneladas de resíduos florestais, sendo que 2,2 milhões de toneladas sejam susceptíveis de serem aproveitados.

Os mapas seguintes ilustram nove tipos de povoamentos florestais pela espécie de árvore dominante (DGRF, 2007), sendo que de acordo com a direção geral dos recursos florestais, a floresta Portuguesa é ocupada principalmente por 3 espécies climáticas ou paraclimáticas. Estas espécies são o *Pinus Pinaster* (Pinheiro bravo), *Quercus Suber* (Sobreiro), *Quercus Ilex* (Azinheira) às quais se juntam uma espécie exótica relativamente recente, o *Eucaliptus Globulos* (Eucalipto), que no seu conjunto ocupam cerca de 85% da área de florestal Portuguesa.

Esta distribuição encontra-se feita por NUT II, conforme se pode verificar na figura 1.



Figura 1 - Divisão de Portugal Continental por NUT II

Pinheiro Bravo

NUT II	Área (10 ³ ha)	
	1995/6	2005/6
Portugal Continental	976,1	710,3
Norte	245,6	192,6
Centro	569,6	409,7
Lisboa e Vale do Tejo	95,4	66,5
Alentejo	59,5	38,0
Algarve	6,0	3,6

Tabela 1 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de *Pinheiro Bravo* em Portugal Continental

Sobreiro

NUT II	Área (10 ³ ha)	
	1995/6	2005/6
Portugal Continental	712,8	736,7
Norte	21,3	10,0
Centro	27,9	15,2
Lisboa e Vale do Tejo	139,8	155,9
Alentejo	483,9	527,2
Algarve	39,9	28,4

Tabela 2 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de *Sobreiro* em Portugal Continental

Eucalipto

NUT II	Área (10 ³ ha)	
	1995/6	2005/6
Portugal Continental	672,1	646,7
Norte	143,1	121,9
Centro	227,0	258,4
Lisboa e Vale do Tejo	142,9	144,6
Alentejo	130,5	108,1
Algarve	28,6	13,8

Tabela 3 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de *Eucalipto* em Portugal Continental

Azinheira

NUT II	Área (10 ³ ha)	
	1995/6	2005/6
Portugal Continental	461,6	388,4
Norte	20,4	8,5
Centro	31,7	30,0
Lisboa e Vale do Tejo	3,1	0,7
Alentejo	397,8	335,2
Algarve	8,6	14,0

Tabela 4 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de *Azinheira* em Portugal Continental

Carvalhos

NUT II	Área (10 ³ ha)	
	1995/6	2005/6
Portugal Continental	77,7	83,9
Norte	0,3	0,3
Centro	1,0	1,5
Lisboa e Vale do Tejo	14,5	24,7
Alentejo	52,9	51,5
Algarve	9,0	6,0

Tabela 5 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de *Carvalhos* em Portugal Continental

Castanheiros bravos e mansos

NUT II	Área (10 ³ ha)	
	1995/6	2005/6
Portugal Continental	40,6	28,2
Norte	33,8	24,5
Centro	6,3	3,2
Lisboa e Vale do Tejo	0,2	0,0
Alentejo	0,1	0,5
Algarve	0,2	0,0

Tabela 6 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de *Castanheiros* em Portugal Continental

Outras folhosas (salgueiros, choupos e

NUT II	Área (10 ³ ha)	
	1995/6	2005/6
Portugal Continental	102,0	96,9
Norte	56,3	40,7
Centro	21,8	22,5
Lisboa e Vale do Tejo	10,1	9,5
Alentejo	8,5	9,1
Algarve	5,4	15,1

Tabela 7 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de *Outras folhosas* em Portugal Continental

Outras resinosas (pinheiro-silvestre, cedros)

NUT II	Área (10 ³ ha)	
	1995/6	2005/6
Portugal Continental	27,4	14,1
Norte	21,3	8,5
Centro	4,3	3,9
Lisboa e Vale do Tejo	1,5	0,3
Alentejo	0,3	0,3
Algarve	0,0	1,1

Tabela 8 - Distribuição e quantificação dos povoamentos florestais de *Outras Resinosas* em Portugal Continental

Os principais núcleos florestais são compostos por povoamentos de eucalipto (811 943 ha), revelando-se uma espécie de extrema importância económica. O eucalipto apresenta extrema importância na paisagem portuguesa, dominando na parte litoral do país

O pinheiro bravo é a segunda espécie com maior área de ocupação, ou seja, ocupa 714 445 ha. Encontra-se localizado sobretudo na região norte e centro do país.

Relativamente às restantes espécies, o sobreiro apresenta uma área de 736 775 ha, a azinheira uma área de 331 179 ha, seguido do carvalho com uma área de 67 116 ha.

Todos os valores mencionados têm como base o ano de 2010.

A tabela 9 apresenta um resumo da quantificação e caracterização das espécies florestais existentes em Portugal Continental, nos anos de 1995, 2005 e 2010.

Povoamentos puros, mistos dominantes e jovens	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
Azinheira	366 687	334 980	331 179
Carvalhos	91 897	66 016	67 116
Pinheiro-manso	120 129	172 791	175 742
Castanheiro	32 633	38 334	41 410
Alfarrobeira	2 701	4 720	5 351
Acácias	12 278	12 203	11 803
Outras folhosas	155 187	169 390	177 767
Outras resinosas	61 340	73 442	73 217
Total	3 284 809	3 184 232	2 971 923

Tabela 9 - Quantificação das espécies de árvores florestais em Portugal Continental em 1995, 2005 e 2010

(Fonte: INF, 2013)

Sendo o pinheiro bravo e o eucalipto os principais produtores de lenha e, consequentemente, de resíduos florestais (ramos, bicadas e lenhas resultantes da exploração florestal), constata-se, então, que estes sejam as principais fontes de abastecimento bioenergético. Apesar de o eucalipto surgir muito recentemente (por volta do século XX), este crescimento coincide com a instalação e o desenvolvimento das indústrias papeleiras.

Ao interesse económico da exploração destes resíduos, que presentemente não tem tanto valor comercial, adicionalmente apresenta-se um outro fator de extrema importância: diminuir significativamente a carga térmica dos povoamentos florestais o que, consequentemente, diminui o risco de incêndio.

1.2. CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DA BIOMASSA AGRÍCOLA

«As explorações agrícolas, com uma superfície total de 4,7 milhões de hectares, ocupavam em 2009 cerca de 51% da superfície territorial do país»¹

A agricultura é a principal fornecedora de matérias-primas para a grande parte das indústrias, uma vez que existe uma grande diversidade e quantidade de produtos e subprodutos provindos da agricultura.

Uma das grandes referências na nossa economia é a biomassa proveniente do setor agrícola apesar de este estar a atravessar momentos de grande dificuldade. Este setor representa cerca de 51% da superfície total de Portugal (INE, 2009)² e a população trabalhadora no setor primário é cerca de 7% no ativo.³ A agricultura que se pratica atualmente continua a ser uma agricultura sustentada no cultivo dos cereais, responsável pela maior parte da área ocupada pelas culturas temporárias (43%), sendo o olival e a vinha responsáveis por 77% da área ocupada pelas culturas permanentes (INE, 2001b).

Entende-se como resíduos provenientes da agricultura toda a biomassa obtida durante o processo de culturas temporárias, exceto o produto principal e todos os resíduos provenientes das podas das culturas permanentes, assumindo que não existem diferenças técnicas entre as diferentes regiões do País. Poder-se-á incluir neste estudo as palhas dos cereais, os caules do girassol e do milho, as partes aéreas

¹ INE - *Recenseamento agrícola 2009*. Análise dos principais resultados, edição 2011. Lisboa p.33

² INE - *Recenseamento agrícola 2009*. Análise dos principais resultados, edição 2011. Lisboa

³ INE - *Recenseamento agrícola 2009*

das principais plantas herbáceas e os ramos das podas das árvores. A estimativa destes resíduos foi elaborada com base nas estatísticas agrícolas do anuário publicado pelo INE de 2009 e em literatura disponível. Para os cereais e outras culturas, a estimativa dos resíduos deixados após a colheita foi realizado recorrendo a relação resíduo/grão.

É possível concluir que a produção anual de resíduos está estimada em cerca de 1324 mil toneladas secas/ano, sendo uma parte significativa proveniente do trigo, do milho e do arroz.

As tabelas 10 e 11 descrevem a produção das principais culturas.

Anos Culturas	Superfície (ha)			Produção (ton)		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Trio mole	101421	53524	85356	242113	99799	196387
Trigo duro	3263	1394	2957	7497	2496	6944
Milho	102746	104330	109640	534700	604513	699666
Centeio	23476	22218	21323	23802	22702	22213
Triticale	19228	15928	20242	40236	25200	41546
Arroz	25392	26903	26334	148673	156203	150680
Aveia	53674	46064	55233	87108	62039	92422
Cevada	44154	40476	43081	105547	80714	99825
Feijão	7945	7588	6259	4230	3984	3200
Grão-de-bico	1268	1700	1114	714	996	654
Batata	41350	42176	38850	611253	656561	566556
Beterraba	4275	3022	1586	320039	254046	137001
Tomate	13027	14800	14297	983191	1236235	1147600
Girassol	7783	17620	24378	4113	14101	16203
Tabaco	791	443	430	2298	1311	1358

Tabela 10 - Produção das principais culturas

(Fonte: INE, 2009)

Culturas	Produção (ton.)
Ameixoeira	19 568
Amendoeira	11 806
Castanheiro	21 646
Cerejeira	9 199
Figueira	7 145
Kiwi	12 240
Citrinos	27 1496
Macieira	24 3262
Nogueira	4 103
Pereira	140 162
Pessegueiro	5 2856
Frutos secos	37 976

Tabela 11 - Produções médias anuais, a nível nacional, da biomassa proveniente das podas das principais culturas agrícolas de porte arbóreo, compiladas com base nos dados publicados nas estatísticas agrícolas 2008

(Fonte: INE, 2009)

Poder-se-á constatar, através da tabela 11, que dos resíduos provenientes das culturas da ameixa, cereja e da noz, apresentam uma produção muito diminuta de biomassa, bem como também uma grande dispersão no país causando enormes dificuldades na recolha e no próprio transporte.

Já os resíduos provenientes das culturas do figo e do kiwi, embora tenham uma produção um pouco diminuta, têm a vantagem de estarem concentradas em regiões específicas do país. No caso do figo encontra-se nas zonas de Mirandela, Torres Novas e Algarve e o kiwi na zona litoral Norte, o que torna viável a sua utilização em alguns dos casos.



Relativamente às restantes culturas, dada a sua grande representatividade e uma quase ausência de mercado para os resíduos daí provenientes, poderá em muitos dos casos ter a aplicação na produção de bioenergia.

No que diz respeito às videiras estas representam uma boa e significativa parcela no território nacional provenientes das podas. Apesar de se apresentar com boas características para fins energéticos, convém salientar que a maioria destes resíduos já tem uma aplicação específica como, por exemplo o aquecimento de fornos e lareiras. Um outro fator que poderá levantar grandes dificuldades para que este resíduo seja viável é a acessibilidade para aprovisionamento, dado que algumas regiões são de difícil acesso como é o caso da região do Douro.

As tabelas 12 e 13 ilustram a quantidade de hectares de vinhas por região e a quantificação das podas provenientes da cultura da vinha.

Região	Vinha (ha)
Minho	30.000
Trás-os-Montes	10.000
Douro/Porto	46.000
Terras de Cister	2.100
Beira Atlântico	10.000
Terras do Dão	20.000
Terras da Beira	16.000
Lisboa	30000
Tejo	19.000
Península de Setúbal	10.000
Alentejo	23.500
Algarve	2.000
Total	218.600

Tabela 12 - Quantificação de hectares de vinha por região

VINHA	Biomassa húmida c/40%	Biomassa queimada	Biomassa seca
Região	Kg podas/ ano	50% de Kg podas/ ano	50% de Kg podas/ ano
Minho	52,500,000	26,250,000	15,750,000
Trás-os-Montes	17,500,000	8,750,000	5,250,000
Douro/Porto	80,500,000	40,250,000	24,150,000
Terras de Cister	3,675,000	1,837,500	1,102,500
Beira Atlântico	17,500,000	8,750,000	5,250,000
Terras do Dão	35,000,000	17,500,000	10,500,000
Terras da Beira	28,000,000	14,000,000	8,400,000
Lisboa	52,500,000	26,250,000	15,750,000
Tejo	33,250,000	16,625,000	9,975,000
Península de Setúbal	17,500,000	8,750,000	5,250,000
Alentejo	41,125,000	20,562,500	12,337,500
Algarve	3,500,000	1,750,000	1,050,000
Total	382,550,000	191,275,000	114,765,000

Tabela 13 - Quantidade de podas de vinha por região

Analisando os valores apresentados nas duas tabelas anteriores é possível retirar as seguintes conclusões: os valores totais da vinha em Portugal são cerca de 218.000 ha; se consideramos que cada hectare de vinha pode originar anualmente cerca de 1,75 toneladas de resíduos de podas, dependendo das castas produzidas nas respetivas regiões, concluímos que o país nesta actividade agrícola gera um total aproximado de 380.000 toneladas de resíduos/ano.

Relativamente aos olivais e à indústria associada, estes representam uma importante fonte de biomassa produzindo cada hectare de olival cerca de 3 toneladas de resíduos de podas (AAE, 2013). A poda, efetuada obrigatoriamente para a produção do fruto, realiza-se com uma periodicidade bianual ou trianual sendo constituída por ramos e casca, em cerca 74,1%, e por folhas nos restantes 25,9% (Sodean, 2004).

Na tabela 14 encontram-se quantificados os hectares de olival existentes em território nacional.

Região	Olival (ha)
Algarve	8399
Alentejo	164078
Ribatejo e Oeste	25540
Beira Interior	47336
Beira Litoral	14341
Trás-os-Montes	75266
Entre Douro e Minho	881
Total	335841

Tabela 14 - Distribuição do Olival por região

Em virtude da periodicidade trianual das podas do olival quantificar-se-á em primeiro lugar o valor total da biomassa produzida com a poda do olival no fim dos

três anos. Se cada hectare de olival produz cerca de 3 toneladas de podas de biomassa e a área total nacional é de 335 842 ha, então de três em três anos produzir-se-á cerca de 1 007 526 toneladas de biomassa (tabela 15).

OLIVAL	Biomassa húmida c/ 40%	Biomassa seca
Região	Kg podas/ ano	Kg podas/ ano
Algarve	8399000	5039400
Alentejo	164078000	98446800
Ribatejo e Oeste	25540000	15324000
Beira Interior	47336000	28401600
Beira Litoral	14341000	8604600
Trás-os-Montes	75266000	45159600
Entre Douro e Minho	881000	528600
Total	335841000	201504600

Tabela 15 - Distribuição de podas de olival por região

2. EXPLORAÇÃO DA BIOMASSA AGROFLORESTAL

2.1. EXPLORAÇÃO DA BIOMASSA PROVENIENTE DA FLORESTA

A mecanização das actividades do setor florestal progrediu bastante na última década e tudo aponta para uma maior evolução. Sendo a biomassa florestal residual (BFR) uma área de negócio promissora é neste campo que surgem as inovações em equipamentos de recheга (transporte de biomassa até ao local de descarga), trituração, enfardamento e transporte final.

O maior contributo para a exploração de BFR provém de actividades industriais de comercialização da madeira para celuloses ou serrações. Neste momento, o maior potencial susceptível de ser aproveitado vem dos ramos e bicadas após a poda das árvores.

O sistema de exploração florestal é um agrupamento coordenado dos vários passos operacionais para permitir a obtenção dos produtos desejados. As actividades destinadas ao comércio da madeira abrangem um conjunto de operações florestais onde se inclui as actividades de poda, processamento, transporte primário ou recheга e transporte final. A recheга é uma operação de transporte com equipamentos de pequena dimensão e é realizada por caminho florestal desde o abate até à zona de carga.

Na operação de recheга consideram-se como tarefas principais, o carregamento do produto, a deslocação da viatura que realiza esta operação e a

descarga do produto no carregadouro, para o chão ou para a viatura de transporte final. O transporte final refere-se ao transporte que é feito desde o referido carregadouro até uma unidade consumidora do produto, geralmente é efectuado por camiões de grande tonelagem, e normalmente com volumes compreendidos entre os 70 e 90 m³, com auto descarga no caso de transporte de biomassa (piso móvel ou basculante), de modo a otimizar o custo de transporte.

Esta é a sequência lógica de exploração de madeira e a exploração da biomassa é integrada com toda a actividade florestal numa perspectiva de optimização das operações e de rendimento económico. Tendo em conta este facto, apenas foram abordados neste trabalho a poda de árvores e o processamento da madeira, pois são as operações que disponibilizam a BFR para transporte até uma unidade consumidora.

Uma árvore é composta por um cepo e raízes, tronco, ramos e bicadas, como se pode verificar figura 2. Observa-se que os ramos e bicadas equivalem a 25 a 30% da árvore, adicionando ainda a esta percentagem a casca da árvore.

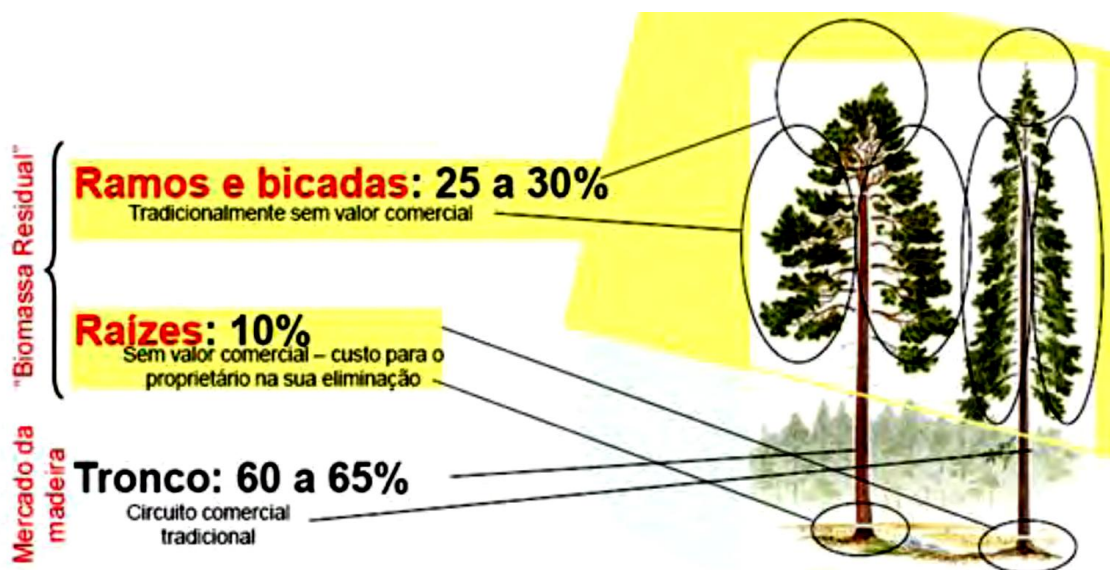


Figura 2 - Distribuição da biomassa e madeira numa árvore

A poda tradicional de uma árvore é geralmente realizada manualmente utilizando a energia mecânica desenvolvida por uma motosserra. Esta ferramenta manual permite o controlo do corte e preparação de uma árvore. A referida preparação diz respeito ao acto do corte dos ramos e galhos ao longo da árvore e à traçagem, que corresponde ao corte da lenha da poda em comprimentos pretendidos, para posterior transporte.

Após o processo de traçagem, a madeira pode ser descascada manualmente, sendo um processo demoroso e com elevado custo, contudo pode ser transportada sem descascar. A biomassa proveniente da desrama, rama e bicadas, ou da possível descascagem manual da madeira pode ser recolhida, sendo um subproduto da lenha obtida pela poda de árvores.

Após a poda das árvores, realizada com auxílio de uma motosserra ou outros equipamentos de corte, segue-se o seu processamento que pode ser realizado através

de uma mesa processadora ou uma giratória com cabeça processadora ou ainda de um *harvester*, equipamentos de maior dimensão. O referido processamento refere-se à desrama, descasca e traçagem da lenha da poda das árvores apenas numa operação.

2.2. EXPLORAÇÃO DA BIOMASSA PROVENIENTE DA AGRICULTURA

As vinhas, os olivais e os pomares fornecem grande quantidade de biomassa, quer através do material de poda quer através da laboração da azeitona e das uvas nos lagares.

A poda é a operação que consiste no corte de uma parte dos ramos da videira e da oliveira, assim como de outras árvores. Os seus objetivos são proporcionar melhores condições de produção e equilíbrio entre a planta e a sua vegetação.

O cultivo da oliveira e da vinha obriga a podas anuais relativamente intensas, tanto para a formação correcta da árvore, como para permitir a recolha mecanizada, ao mesmo tempo que se tenta corrigir a “alternância” (safra e contra-safra), que é uma tendência natural de produzir colheitas normais em anos alternativos, com independência de fatores climatéricos.

Da poda dos olivais e das vinhas obtém-se a madeira, que é a parte mais lenhificada, e uma parte, menos lenhificada, denominada “ramos de poda”, que se pode quantificar para oliveiras e vinhas em plena produção, numa média da ordem de 20 kg/árvore e que é constituída por uma parte aérea, rebentos e folhas verdes.

As podas agrícolas são uma prática cultural tradicionalmente efetuada por podadores manuais.

A crescente dificuldade em recrutar mão-de-obra para efetuar esta operação, leva os olivicultores a aumentar o número de anos entre a intervenção, executando podas mais severas.

Perante este cenário, iniciou-se em 1997, o estudo da aplicação da poda mecanizada nas culturas portuguesas de vinho e de azeite com o objetivo de encontrar soluções, mecanizadas, alternativas ao sistema de poda praticado pela maioria dos agricultores (Peça *et al.*, 2003).

Após a execução da poda da oliveira e da vinha a rama que foi eliminada da árvore fica depositada no solo. Tradicionalmente, a eliminação da rama é efetuada, retirando-a manualmente da árvore e colocando-a em clareiras existentes na cultura para ser posteriormente queimada.

A diminuição da disponibilidade de mão-de-obra traduz-se num aumento dos custos na execução desta tarefa.

Na tentativa de ultrapassarem esta situação, alguns agricultores utilizam as forquilhas dos carregadores frontais de tratores agrícolas e industriais para colocarem a rama em clareiras, enquanto outros recorrem á utilização de escarificadores.

A queima da rama da poda é um processo ambientalmente condenável, pelo que é necessário encontrar soluções menos poluentes, como a redução da rama a partículas de menores dimensões, as quais ficam depositadas no solo para posterior incorporação. Mas este processo não chega ao seu objetivo que seria a incorporação e

o normal é a lenha ficar no solo em decomposição podendo ser um meio de contaminação de doenças a toda a cultura.

O sistema denominado *poda mecânica* é um método de poda que recebe este nome devido a que os cortes se realizam com a ajuda de uma máquina podadora de discos rotativos montada sobre um trator de média potência, que se move com velocidade constante pelo centro da entrelinha (Barranco *et al.*, 2001).

3. RECOLHA DA BIOMASSA

A recolha de biomassa é, geralmente, efetuada em florestas, campos agrícolas e indústrias madeireiras (serrarias, indústrias de móveis).

A maior parte dos tipos de biomassa (agrícola e florestal) são caracterizados pela sua disponibilidade sazonal. O período de tempo em que estes tipos de biomassa estão disponíveis é bastante limitado e é determinada pelo período de colheita das culturas, pelas condições meteorológicas e pela necessidade de replantação dos campos e florestas. O período de tempo limitado para a recolha de uma grande quantidade de biomassa leva também a uma necessidade sazonal significativa de recursos, equipamentos e força de trabalho. Esta procura sazonal pode aumentar o custo de obtenção desses recursos. Há, assim, necessidade de armazenar grandes quantidades de biomassa, por um período de tempo significativo, se durante todo o ano a operação de produção de energia através de biomassa for desejada. Os

problemas introduzidos pela sazonalidade da disponibilidade de biomassa podem ser evitados, se for usado um tipo de biomassa que esteja disponível todo o ano, o que é muito raro na prática. No entanto, a abordagem de utilização de vários tipos de biomassa pode resolver significativamente estes problemas. A utilização de duas fontes de biomassa diferentes, em vez de uma só, pode levar a redução de custos na ordem de 15% a 20%.

Após a recolha, as opções mais relevantes de processamento de biomassa são a secagem, estilhamento e embalagem. É um procedimento comum deixar os resíduos das árvores cortadas por alguns meses no local de recolha, após o abate, de modo a reduzir significativamente o seu teor de água. Geralmente, o estilhamento e a embalagem podem ser feitos no local da recolha ou num ponto de encontro intermédio.

3.1. RECOLHA DA BIOMASSA FLORESTAL

Para que a logística da limpeza das florestas possa ser implementada será necessário não só garantir a custos contratados, o escoamento dos resíduos, como também garantir no local ou nas proximidades a sua recepção, estilhamento, carga e transporte para o destino final.

Para conseguir viabilizar o transporte existem duas alternativas: ou se enfardam os ramos e folhagens, cintando-os com a forma de troncos, como ilustrado na figura 3, ou se fragmentam usando estilhadores.



Figura 3 - Máquina de enfardar

Diminuir os espaços vazios é pois o objetivo essencial. No caso do enfardamento, o conjunto de ramas depois de compactado é amarrado, podendo ser manuseado e transportado como se tratasse de um toro, o que permite o uso de equipamento já existente na indústria da madeira.

No caso da fragmentação podem ser usados estilhadores de facas ou de martelos (figura 4), dispositivos montados em tambores rotativos que permitem destruir ramas e toros de madeira com diâmetro de vários centímetros, e que atingem capacidades de produção de várias toneladas por hora.



Figura 4 - Estilhaçamento com facas, à esquerda e trituração com equipamento de martelos, à direita

Tipicamente um estilhador pode tratar restos de ramos e bicadas ou mesmo toros de madeira queimada, reduzindo-os a fragmentos com dimensões máximas de 30x10x10 cm. Com estas dimensões já é possível obter uma maior densidade para transporte; a título de exemplo com 40% de humidade podemos referir que um camião de 80 m³ de capacidade poderá transportar 17 a 20 ton de resíduos, ou seja, com densidade de 212-250 kg/m³ de material destroçado, com dimensões abaixo dos 30 cm.

Nestas condições a biomassa constituída por estilhas de madeira, restos de casca e de folhagem fragmentada, poderá ser usada diretamente como combustível industrial ou transportada para indústrias de transformação de estilha num novo produto como seja o biocarvão ou o **ecochar** produzido na Ibero Massa Florestal.

3.2. RECOLHA DE BIOMASSA AGRÍCOLA

A extrema variedade de culturas na agricultura leva à necessidade de várias máquinas para a recolha dos resíduos, implicando investimentos elevados. Na grande maioria dos casos, as máquinas para recolha dos resíduos que são estilhados, são adaptações de máquinas utilizadas para outros fins e não máquinas específicas para este trabalho.

Para a recolha da biomassa agrícola, geralmente aplica-se o uso de máquinas de ceifa. Isto permitirá acomodar a biomassa em fardos de formato e dimensões diferentes, com a redução do seu tamanho.

Podem surgir os seguintes problemas: para os resíduos de culturas cerealíferas, a sua colheita é de facto simples, porque a biomassa apenas tem de ser recolhida do chão. No entanto, esta actividade tem um custo considerável, em comparação com o valor dos resíduos. Além disso, o volume de biomassa (cerca de 5 a 6 m³/ton) é significativo, levando a elevados custos no transporte.

Para os resíduos proveniente da vinha, azeite e árvores de fruto, etc. existem mais problemas: o acesso às árvores, por parte das máquinas, é mais difícil devido à sua disposição; a tendência atual é efetuar plantios de árvores mais densos, ou criarem-se máquinas especiais para tornar a recolha destes resíduos menos dispendiosos; os resíduos não são produzidos em mais que um ciclo durante um ano. Além disso, eles nem sempre são os mesmos para recolhas em diferentes períodos do

ano, por isso máquinas diferentes podem vir a ser necessárias numa plantação em outro ciclo do ano.

4. TRANSPORTE DE BIOMASSA

Considerando a localização típica das fontes de biomassa, os meios de transporte utilizados são normalmente os rodoviários, já que serão os únicos modos viáveis para a recolha e transporte da biomassa. Outros fatores que favorecem a utilização do transporte rodoviário incluem: i) pequenas distâncias e ii) a maior flexibilidade que o transporte em estrada pode oferecer em comparação com outros modos. Meios de transporte como o marítimo ou ferroviário podem ser considerados quando a distância de transporte de biomassa é longa.

Os veículos de transporte rodoviário têm gerado várias opiniões na literatura acerca da viabilidade económica no uso destes veículos pesados ou equipamento agrícola/florestal para o transporte de biomassa até à estação de produção. Relativamente a esta questão existem fatores como a distância média de transporte, densidade da biomassa, capacidade de carga e velocidade de condução dos veículos, tal como a sua disponibilidade, que fazem variar a escolha dos mesmos.

Segundo Rentizelas *et al.* os custos de transporte variam em função da distância e do tempo de transporte. A distância de transporte afeta principalmente o consumo de combustível dos veículos e o tempo de viagem afeta principalmente a

proporção de depreciação, seguro, manutenção e trabalho alocado a essa mesma viagem. Segundo o autor o tempo de viagem inclui o tempo de ida e retorno, assim como o tempo de espera entre os carregamentos e descarregamentos. O carregamento e descarregamento dos veículos são utilizados sempre que a biomassa tenha necessidade de ser movida de um ponto de recolha para a estação de produção.

Segundo Ravula *et al.* os custos de transporte rodoviário englobam dois subcomponentes, o custo do camião e o custo do combustível. O custo dos componentes do camião inclui os custos de capital, manutenção (pneus, travões e lubrificante), licença, seguro e os custos com o motorista. Assume-se ainda que os camiões incluem sempre o motorista e o seu custo associado, mesmo quando o camião se encontra parado em qualquer dia, isto é, o motorista não pode ser contratado conforme a necessidade.

Devido à baixa densidade dos tipos de biomassa, a capacidade dos veículos de transporte acabará por ser limitada em termos de volume e não pelo peso da carga.

Como resultado, há geralmente um aumento da necessidade de equipamentos de transporte e de manuseamento, bem como de espaço de armazenamento. A baixa densidade da biomassa aumenta ainda mais o custo de recolha, manuseamento, transporte e armazenamento ao longo da cadeia de abastecimento, tornando crítica a sua gestão.

Assim sendo, muitas das vezes recorre-se ao processamento da biomassa (produção de estilha) de modo a melhorar a sua eficiência no manuseamento e quantidade a ser transportada. Isto pode reflectir-se num aumento da densidade

volúmica da biomassa. O processamento pode ocorrer em qualquer fase da cadeia de abastecimento, mas, muitas vezes, precede o transporte rodoviário gerando assim um melhor aproveitamento da quantidade transportada.

A embalagem de biomassa faz também aumentar a densidade da biomassa tornando-a mais fácil de utilizar durante as operações de logística e reduzindo simultaneamente os riscos de deterioração da mesma.

Na figura 5 é apresentado um exemplo de veículos de transporte de biomassa.



Figura 5 - Veículo de transporte de biomassa

5. ESTUDO DE IMPACTO LOGÍSTICO NO DISTRITO DE VISEU

5.1. AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE RECOLHA E TRANSPORTE DE BIOMASSA AGROFLORESTAL

A área de estudo localiza-se no distrito de Viseu (figura 6), concelhos de Mortágua e Mangualde. A escolha deste local deve-se à quantidade de biomassa agrícola e florestal existente na região e à facilidade de acessos.



Figura 6 - Localização da área de estudo

Neste trabalho, consideraram-se dois sistemas de exploração quanto ao tipo de biomassa obtida: biomassa processada em fardos (enfardamento) e biomassa processada em estilha (trituração) e dois processos de retirar a biomassa do local do



abate e transportá-la até uma unidade industrial de queima e transformação da biomassa em energia ou em biocarvão.

Vamos chamar a um processo A-Enfardamento e a outro processo B-Trituração. O processo A-Enfardamento contempla as operações de enfardamento, rechega, carregamento e transporte. O processo B-Trituração é constituído pelas operações de rechega, trituração, carregamento e transporte. O processo A-Enfardamento será realizado na zona 1 – Mortágua a 77 Km da unidade industrial de transformação e o processo B-Trituração na zona 2 – Mangualde a 25 km da dita unidade industrial.

Efetuuou-se a recolha dos tempos de trabalho necessários em cada operação para a extração da biomassa, na área referida com a finalidade de calcular o custo de cada operação, tendo em conta a produtividade das máquinas utilizadas. Os tempos de trabalho de todas as operações são cronometrados, pelo método de cronometragem contínuo, que se caracteriza pela medição de tempo sem deteção do cronómetro, ou seja, efetua-se a leitura do cronómetro e anota-se o tempo decorrido sempre que há um ponto de medição, sem deter o cronómetro. Possui a vantagem do registo de todas as actividades parciais, e efetua o registo de forma sequencial e cronológica, facilitando deteções de possíveis erros (CBE, 2008). Nas zonas de estudo mediu-se o declive e a área para melhor avaliar os tempos de trabalho com as características do local. A tabela 16 resume os parâmetros a ter em conta no processo de recolha e tratamento da biomassa.

Zona 1
<p>Localização: concelho de Mortágua</p> <p>Área: 20,3 ha</p> <p>Declive: 20,9%</p> <p>Existências: povoamento de eucalipto cujo material lenhoso tinha sido extraído, restando no solo, o material não aproveitado pela indústria madeireira (ramos e bicadas).</p> <p>Parâmetros medidos e operações observadas: <u>Enfardamento</u>, contabilizou-se o número de fardos produzidos ao longo do tempo de observação; <u>Rechega</u>, número de fardos recolhidos em cada rechega e tempo decorrido em cada ciclo de rechega (carregamento, descarregamento e deslocamentos); <u>Carregamento</u>, contabilizou-se o número de fardos e o tempo do carregamento.</p> <p>Distância ao centro de consumo: 77 Km</p>
Zona 2
<p>Localização: concelho de Mangualde</p> <p>Área: 5 ha</p> <p>Declive: 10%</p> <p>Existências: corte final num povoamento de pinheiro-bravo e limpeza de vegetação arbustiva, com giesta, restando o material arbustivo e os sobrantes da extração do pinheiro-bravo.</p> <p>Parâmetros medidos e operações observadas: <u>Rechega</u>, mediu-se o tempo de cada ciclo; <u>Trituração</u> e <u>Carregamento</u>, mediu-se o tempo de trituração e carregamento de um camião.</p> <p>Distância ao centro de consumo: 25 Km</p>

Tabela 16 - Caracterização das zonas de estudo

Os valores das quantidades de carga (material vegetal recolhido) na zona 1, referentes à chegada e ao transporte dos fardos, foram determinados pelo peso médio de cada fardo, medido à entrada do centro de destino da carga que se situava a uma distância de 77 Km. Na zona 2, as quantidades de carga de chegada foram calculadas a partir da produtividade da trituradora, visto que era contabilizado o tempo de trituração de cada carregamento.

5.2. RESULTADOS

5.2.1. PRODUTIVIDADE, TEMPO E CUSTO

Com base nas medições de tempo e consumos do trabalho efetuado calcularam-se produtividades, tempo e custo das operações.

A operação de enfardamento foi monitorizada apenas na zona 1. Para este caso, apenas se utilizou os valores totais no conjunto das operações para a recolha de biomassa. Verifica-se que as produtividades variaram com o tipo de máquina utilizada, condições do terreno, tipo de biomassa e distância de chegada (tabela 17).

Na zona 2 o autocarregador possui uma produtividade de 15,0 ton/h ao contrário da zona 1 que possui uma produtividade de 10,6 ton/h.

A trituração é uma actividade que consiste na redução do tamanho das partículas. Os parâmetros que variam no tempo gasto nesta operação estão dependentes da marca e modelo da máquina e tipo de biomassa. Verifica-se que o tempo de trituração de 1 ton é cerca de 2 min/ton.

A operação de carregamento apresenta valores diferentes, uma vez que na zona 1 apenas se efetua a carga, enquanto na zona 2 o carregamento é realizado em simultâneo com a trituração. Os resultados obtidos devem-se aos diferentes tipos de biomassa e à forma de carga (na zona 1 o camião possui uma grua acoplada, fazendo a sua própria carga, enquanto na zona 2 a carga é feita por uma grua acoplada ao trator, realizando a trituração em simultâneo com a carga).

Relativamente ao tempo total necessário para extração de 1 ton de biomassa (inclui a realização de todas as operações até ao centro de consumo), verifica-se que a zona 1 necessita de 15 min e a zona 2 de 6 min para a extração da mesma quantidade de biomassa.

No que diz respeito à recarga, operação comum em ambas as zonas, a zona 1 é a que necessita de maior tempo para extração de 1 ton (7 min), e a zona 2 a que necessita de menos tempo (4 min). Tendo em conta que cada uma das zonas continha fatores fisiográficos distintos, não é possível relacionar os dados que levaram à obtenção dos valores de recarga, estando estes apenas relacionados com as máquinas utilizadas, fisiografia do terreno e distância ao carregadouro.

Relativamente ao transporte, em ambos os casos é utilizado o camião. No entanto verificam-se algumas diferenças relacionadas com os quilómetros a percorrer e os custos associados.

Zona	Operação	Máquina	Produtividade (ton/h)	Tempo (min/ton)	Total (min/ton)	Custo (€/ton)	Total (€/ton)
1	Enfardamento	Enfardadeira	8,3	7,20	15,0	7,1	18,6
	Rechega	Autocarregador	10,6	5,40		3,0	
	Carga	Camião com grua acoplada	27,0	2,40		0,9	
	Transporte	Camião	-	-	-	7,58	
2	Rechega	Autocarregador	15,0	4,20	6,0	4,1	12,9
	Trituração + Carga	Trituradora	10,0	1,80		6,8	
	Transporte	Camião	-	-	-	2,0	

Tabela 17 - Produtividade (ton/h), tempo gasto (min/ton) e custos (€/ton) de cada operação

5.2.2. BALANÇO ECONÓMICO E ENERGÉTICO

Com o objetivo de estudar a viabilidade económica e energética da extração e aproveitamento energético da biomassa, calculou-se o balanço económico para as zonas 1 e 2 e energético para a zona 1.

O cálculo do balanço económico consiste na diferença entre o custo total das operações de extração até à colocação do material vegetal na central de consumo e o retorno da venda da biomassa entregue (com uma margem de lucro em €/ton).

O balanço energético permite calcular o saldo entre a energia que é consumida por todas as máquinas utilizadas para a extração da biomassa e a produção em energia que a biomassa terá aquando da sua transformação na central.

Para o cálculo do balanço económico utilizaram-se os custos de cada operação que compõe o processo de cada zona, tendo como base de cálculo a extração de 1 ton de biomassa em natureza.

Utilizou-se como valor de receita o preço, em média, praticado pelas Centrais Termoeléctricas de Biomassa Florestal para 1 ton de biomassa (30 €). Relativamente à zona 1, calcularam-se os valores dos custos em euros de extração de 1 ton de biomassa das operações de enfardamento, rechega, carga e transporte. Este balanço foi feito para uma zona localizada a 77 Km do centro de consumo, resultando num balanço económico positivo no valor de 11,1 €/ton.

Para a zona 2, usaram-se os valores dos custos das operações de rechega, trituração + carga e transporte, verificando-se um custo total de 12,9 € e um balanço positivo de 17,1 €/ton.

Quanto aos custos associados a cada uma das operações, verificou-se que a zona 1 apresentou um custo total mais elevado (18,6 €/ton) e a zona 2 um custo total mais baixo (12,9 €/ton).

É de salientar que a distância do local de extração ao centro de consumo foi de 77 km e 25 km para a zona 1 e 2 respetivamente.

Zona	1					2			
Operações	Enfardamento	Rechega	Carga	Transporte	Total	Rechega	Trituração + Carga	Transporte	Total
Custos (€/ton)	7,1	3,0	0,9	7,6	18,6	4,1	6,8	2,0	12,9
Receita (€/ton)	30								
Balanço (€/ton)	11,1					17,1			

Tabela 18 - Balanço económico para as zonas 1 e 2

Para o cálculo do balanço energético, consideraram-se os consumos específicos de combustível (gasóleo) em cada operação. Para tal, converteu-se o consumo em energia (MJ/ton), obtendo-se o consumo energético de cada operação bem como do conjunto das operações e, portanto, do sistema. Este valor foi calculado, tendo em conta que 1000 L de combustível (gasóleo) equivalem a 46000 MJ de energia (LUGER & WEISELBERG, s/d).

Vamos analisar o balanço energético para os dois casos diferentes de energia produzida:

a) **Central dedicada** – central de produção eléctrica

No caso em que o objetivo da biomassa é para a produção de energia eléctrica (centrais dedicadas), apenas $\frac{1}{3}$ da energia total contida na madeira de eucalipto pode ser convertida em energia eléctrica. Neste caso, para o balanço energético apenas se considera $\frac{1}{3}$ do valor da energia total, ou seja, **2916,7 MJ/ton.**

b) **Central de Biocarvão**

Neste caso o balanço energético será o saldo entre a energia que é consumida por todas as máquinas utilizadas para a extração da biomassa e a produção em energia/biocarvão que a biomassa terá a quando da sua transformação na central de produção de Biocarvão, ou seja, para o balanço energético vamos considerar que 1 tonelada de eucalipto em natureza corresponde a 166 kg de biocarvão, então o valor a considerar será de **5511 MJ/ton** ($0,167\text{kg} \times 33000\text{MJ/ton}$).

As tabelas 19 e 20 apresentam os valores de consumo de gasóleo (L/ton) e a sua conversão em energia (MJ/ton). Verifica-se que o consumo energético do total das operações na zona 1 é 326,6 MJ/ton e na zona 2 é de 234,6 MJ/ton. O transporte é a operação com maior consumo (161 MJ/ton) na zona 1 pois o percurso é de 77km, ao contrário da zona 2 com um percurso de 25km, sendo nesta a trituração o valor mais elevado de 115 MJ/ton.

Zona 1		
Operação	Consumo de Gasóleo (L/ton)	Equivalente em energia (MJ/ton)
Enfardamento/Trituração	2,1	96,6
Recheia	1,1	50,6
Carregamento	0,4	18,4
Transporte	3,5	161,0
Total	7,1	326,6 (a)
Poder calorífico do eucalipto na central dedicada		2916,7 (b)
Saldo Global (b)-(a)		2590,1 MJ/ton
Total	7,1	326,6 (a)
Poder Calorífico do eucalipto no biocarvão		5511,0 (b)
Saldo Global (b)-(a)		5184,4 MJ/ton

Tabela 19 - Balanço energético para a zona 1

Zona 2		
Operação	Consumo de Gasóleo (L/ton)	Equivalente em energia (MJ/ton)
Trituração	2,5	115,0
Recheça	1,1	50,6
Carregamento	0,4	18,4
Transporte	1,13	50,6
Total	5,1	234,6 (a)
Poder calorífico do eucalipto na central dedicada		2807,8 (b)
Saldo Global (b)-(a)		2573,2 MJ/ton
Total	5,1	234,6 (a)
Poder Calorífico do eucalipto no biocarvão		5511,0 (b)
Saldo Global (b)-(a)		5276,4 MJ/ton

Tabela 20 – Balanço energético para a zona 2

CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou a estimativa da produtividade das operações monitorizadas no processo de extração de biomassa. Com base nesta estimativa, foi possível a comparação dos processos observados na área de estudo, os quais apresentavam características fisiográficas distintas, diferentes distâncias de transporte do material vegetal ao centro de consumo e formas distintas de biomassa extraída: fardos e estilha.

O cálculo do balanço económico e energético permitiu uma avaliação sobre a viabilidade de extração de biomassa, tendo por base as propriedades específicas de cada zona (tipo de biomassa, maquinaria utilizada, processo utilizado).

Os resultados obtidos indicam um balanço positivo para as situações analisadas, tendo-se obtido um valor superior para a zona 2 (17,1 €) que se encontrava a 25 Km do centro de consumo (zona mais próxima). No entanto, comparando com a zona 1 (11,1€), esta apresenta um balanço económico inferior ao da zona 2 em virtude dos vários fatores que contribuem para este balanço: distância de 77 km e as várias tipologias de cada zona, nomeadamente material vegetal extraído (fardos e estilha), características fisiográficas, maquinaria e processo. Em relação ao consumo energético, em ambos os casos, verificou-se um balanço energético positivo, o que torna viável energeticamente a realização destes processos, para estas condições.

A realização deste trabalho permitiu o desenvolvimento de metodologias para o conhecimento dos tempos e custos das operações de extração de biomassa, bem



como dos equipamentos utilizados. Podemos afirmar que num raio de 25 km numa zona de grande quantidade de biomassa residual proveniente da limpeza da floresta (ramos e bicadas) ou das podas agrícolas é rentável a logística do transporte e mão-de-obra desta biomassa para uma unidade de produção de biocarvão pelo processo de pirólise lenta.

A distância de 77 km do local de recolha e enfardamento ou estilhaçamento da biomassa até à unidade industrial é considerada neste estudo economicamente sustentável o que permite um novo estudo de investimento em localidades do interior do país para a recolha e tratamento da biomassa numa unidade industrial constituída por reatores pirolíticos. Uma vez que ficou provado neste estudo que o custo maior nesta logística é o transporte de biomassa com pouca densidade, seria economicamente sustentável criar uma unidade de reatores pirolíticos o mais próximo possível da zona da biomassa residual, pois que após a transformação da biomassa em biocarvão o transporte do produto para os potenciais clientes ficará significativamente mais barato: basta analisar esta comparação que cinco camiões de biomassa caberão num camião de biocarvão. Esta solução seria de grande eficácia para a redução dos custos e maior viabilidade económica durante o processo de corte, recarga, trituração, carga e transporte de resíduos de biomassa agrícola e florestal.

E como nota final, diríamos que uma unidade industrial de biocarvão traria mais desenvolvimento e emprego ao interior de Portugal na recolha e tratamento da muita biomassa residual florestal e agrícola e contribuiria fortemente para o equilíbrio ambiental.



BIBLIOGRAFIA

ANTOLÍN, G., IRUSTA, R., VELASCO, E., CARRASCO, J., GONZÁLEZ, E., ORTÍZ, L., 1996. Biomass as an energy resource in Castilla y Yeon (Spain). *Energy* 21: 165-72.

CBE, 2008. Avaliação dos custos de aproveitamento da biomassa florestal. In Comunicação. *Multifuncionalidade da Floresta através da Exploração dos Recursos Florestais e Silvopastorícia*, FPPF, MADRP, DGRF, ESAV, IDARC. Lousã, pp. 56.

DGRF – Direcção-Geral dos Recursos Florestais, 2007. *Estratégia Nacional para as Florestas*: 28-32; 69-70.

FERNANDES, U., COSTA, M., 2010. Potential of biomass residues for energy production and utilization in a region of Portugal. *Biomass and Bioenergy* 34: 661-666.

FERREIRA S., MOREIRA N.A., MONTEIRO E., 2009. Bioenergy overview for Portugal. *Biomass and Bioenergy* 33: 1567-1576.

GOMES C., 2008. *Avaliação Técnica e Económica da Produção de Estilha*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real: 124p.

INE, *Recenseamento agrícola 2009-análise dos principais resultados*. Instituto Nacional de Estatística, edição 2011, Lisboa.

LUGER E., WIESELBURG B.L.T. (s/d). Eucalypt: Introduction as a energy crop, pp. 18. <http://www.josephinum.at/blt.html>, consultado em 15/10/2010.



MOREIRA N., BORGES A., MACHADO A., 2010. Métodos de aproveitamento energético de biomassa florestal. In comunicação do Seminário: *Novas tecnologias na floresta*. Ordem dos Engenheiros, Matosinhos.

NUNES, Miguel (2012), *Cadeias de Abastecimento de Biomassa*, Universidade do Minho.

RIBAS, C., CALONEGO, F.W., FENNER, P.T., PONTINHA, A.A.S., 2008. Aproveitamento de Biomassa Pós-Colheita Florestal de *Pinus elliottii* var *elliottii*. *Silva Lusitana* 16(1): 105-113.

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

T. Pinto, (2013), *Recolha de biomassa florestal: avaliação dos custos e tempos de trabalho florestal*, Vila Real.

WIT, M., FAAIJ, A., 2010. European biomass resource potential and costs. *Biomass and Bioenergy* 34: 188-202.

www.dgrf.min-agricultura.pt

www.icnf.pt

www.icnf.pt/portal/florestas/ifn