

Recolha de Biomassa Florestal: Avaliação dos Custos e Tempos de Trabalho

***⁽¹⁾Telma Pinto, **⁽²⁾José Lousada, ***⁽³⁾Graça Louro,
****⁽³⁾Henrique Machado e *,**⁽⁴⁾Leónia Nunes**

Sumário. A biomassa florestal (BF), definida como os produtos e sobranes provenientes da exploração florestal, pode apresentar diversos aproveitamentos, nomeadamente na produção de energia, contribuindo desta forma para a redução do material combustível no solo. Esta redução contribui para a diminuição do risco de incêndio, assim como na criação de um mercado que promova o aproveitamento deste material e reduza os custos líquidos de limpeza dos povoamentos florestais. Estudos sobre tempos de trabalho, utilizados em cada uma das operações necessárias na extracção da biomassa florestal do local, são importantes pois permitem estimar os custos associados a cada operação e auxiliar na elaboração de balanços energéticos e económicos. Para estimar os tempos de trabalho na exploração da biomassa florestal, efectuou-se uma recolha no terreno dos tempos de trabalho das várias operações de extracção da biomassa florestal, através do método de cronometragem contínuo, em situações e sistemas de exploração distintos, com as operações de enfardamento, recarga, trituração, carga, carregamento e transporte até à

* Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV) / IPV. Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas - Ranhados, 3500-606 VISEU

⁽¹⁾ Engenharia Florestal

** CITAB, Universidade de Trás-os-Montes Alto Douro, Quinta de Prados, Apartado 1013. 5001-801 VILA REAL

⁽²⁾ Investigador Auxiliar c/ Agregação

*** Doutorada em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Av. João Crisóstomo, 26-28, 1069-040 LISBOA

⁽³⁾ Engenheiro Florestal

**** Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Departamento de Conservação da Natureza e Florestas do Centro, Quinta do Soqueiro, Rua Cónego António Barreiros, 3500-093 VISEU

⁽⁴⁾ Assistente

Centro de Ecologia Aplicada Prof. Baeta Neves. Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA.

5º Autor E-mail: lnunes@esav.ipv.pt

unidade de consumo. O trabalho de campo foi efectuado em parcelas de estudo localizadas nos concelhos de Mortágua, Águeda e Mangualde. A produtividade e custo (€ ha⁻¹) foram estimados com base em tempo e consumos específicos. Como receita, considerou-se o valor financeiro de 30 € ton⁻¹, praticado nas Centrais Termoeléctricas de Biomassa Florestal. Os resultados obtidos foram positivos em todas as parcelas, para as quais se efectuou o cálculo (11,1, 1,0 e 17,1€ ton⁻¹).

O balanço energético calculou-se pelo consumo específico do combustível (gasóleo) e óleos na colheita de 1 ton de BF, convertidos em energia, obtendo-se resultados positivos nas parcelas estudadas (5724,0 e 5575,7 MJ ton⁻¹).

Palavras-chave: produtividade, métodos, balanço, energia.

Forest Biomass: Estimation of Processing Time and Costs

Abstract. Forest biomass is the sum of the biomass understory aboveground vegetation and biodegradable waste. Collecting these residues reduces the risk of wild fires and the cost of cleaning the forest stands. Also, these residues can be used in the production of energy and consequently open a window of economic profit. Studies about the working time necessary for each forest operation are important to estimate the associated costs and to study the viability of economic and energetic balance. In order to estimate the time spent on the complete cycle of the forest biomass exploration, each operation was evaluated from the beginning to the final industry end users. The knowledge of these working times is essential to estimate the cost of each operation and to determinate economic and energetic balances (using the consumables value). The productivity and the balances of each operation were calculated taken into account the costs and working time associated. The result of the economic and energetic balances was positive for each study area near Mortágua, Águeda and Mangualde.

Keywords: productivity, methods, balance, energy.

1 - Introdução

Biomassa florestal (BF), definida como os produtos e sobrantes provenientes da exploração florestal (RIBAS *et al.*, 2008; FERNANDES e COSTA, 2010), pode ter diversos aproveitamentos, entre os quais, a produção energética, que associada à redução do material combustível na floresta contribui para a diminuição do risco de incêndio. A criação de um mercado que promova o aproveitamento de BF poderá contribuir para a redução dos custos líquidos de limpeza dos povoamentos florestais, e acrescentar valor às operações florestais apenas consideradas como custo, por exemplo, os desbastes, desramações, podas sanitárias e sobrantes (ramos e bicadas) do corte final (DGRF, 2007; GOMES, 2008).

A Estratégia Nacional para as Florestas refere a valorização dos sobrantes da exploração florestal como fonte de energia renovável, incentivando a utilização da BF direccionada para o seu aproveitamento fora das áreas de influência das centrais desde que o material consumido seja BF proveniente da gestão de combustíveis no âmbito das medidas de silvicultura preventiva e da exploração florestal (DGRF, 2007). São referidas outras possibilidades para o aproveitamento da BF, que carecem de investigação adequada, como sistemas de produção de energia localizada (por exemplo o aquecimento de uma escola) (DGRF, 2007).

A procura de alternativas aos combustíveis fósseis tem aumentado no últimos anos (FERNANDES e COSTA, 2010), pois, apesar de possuírem uma elevada eficiência energética, não deixam de ser recursos esgotáveis com elevadas emissões de gases com efeito de estufa (ANTOLIN *et al.*, 1996; WIT e FAAIJ, 2010). Por outro lado, Portugal não possui reservas de combustíveis fósseis, e a sua utilização representa um custo importante nas importações do país.

O aproveitamento dos recursos naturais do país, como fonte de energia renovável, pode ser a chave para a diminuição da dependência energética, pois compensa o natural de fontes não renováveis, ao reduzir o consumo de energias fósseis e não renováveis que contribuem para o aumento das emissões de gases com efeito de estufa (DGE, 2002).

A valorização da BF, como fonte energética renovável, contribui para a limitação dos custos das operações de exploração florestal, sobrantes, e impactes ambientais quando comparado com fontes energéticas não renováveis (FERREIRA *et al.*, 2009).

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver metodologias de análise e registo dos tempos e custos das operações de extração de BF, bem como estimar os custos e os consumos energéticos associados a cada uma destas operações, de

forma a avaliar a sua viabilidade e auxiliar nas tomadas de decisão por parte dos agentes económicos. Para o efeito, foram medidos os tempos de todas as operações necessárias para a extracção da BF, em cinco parcelas de amostragem, localizadas nos distritos de Viseu (concelhos de Mortágua e Mangualde) e Aveiro (concelho de Águeda). Estimaram-se os custos individuais de cada operação e efectuou-se um balanço económico para avaliar a viabilidade da extracção de BF. Considerando como objectivo final da recolha da BF a produção energética (nomeadamente a energia eléctrica) elaborou-se um balanço energético utilizando os valores dos consumos das máquinas em todas as operações, assim como o valor da produção energética que se irá obter através da transformação energética da BF.

2 - Material e métodos

A área de estudo localiza-se no distrito de Viseu, concelhos de Mortágua e Mangualde, e distrito de Aveiro, concelho de Águeda. Os locais para o levantamento de dados de base para a elaboração deste trabalho designaram-se por ‘parcela’. O trabalho de campo foi realizado em 5 parcelas, conforme distribuição representada na Figura 1, durante os meses de Setembro a Outubro de 2010.

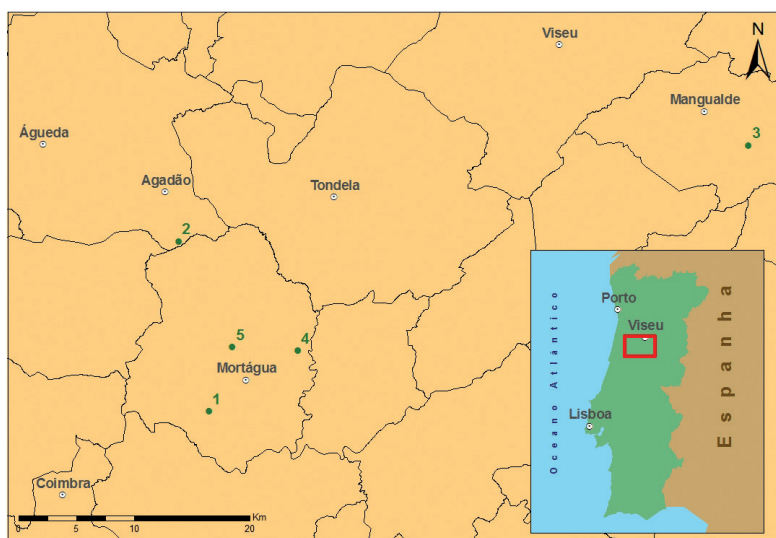


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Neste trabalho, consideraram-se dois sistemas de exploração quanto ao tipo de BF obtida (fardos e estilha) e três itinerários técnicos (1, 2a e 2b). O itinerário técnico 1 contempla as operações de enfardamento, rechega, carregamento e transporte. Os itinerários técnicos 2a e 2b, constituídos pelas operações de rechega, trituração, carregamento e transporte; distinguem-se por em 2a, ser efectuada a trituração do material e posteriormente o carregamento, e em 2b, a trituração e o carregamento são simultâneos.

No terreno, efectuou-se a recolha dos tempos de trabalho necessários em cada operação para a extracção da BF, nas 5 parcelas, com a finalidade de calcular o custo individual de cada operação, tendo em conta a produtividade das máquinas utilizadas. Para além disto, teve-se em conta os consumos em cada operação de modo a estimar o seu balanço energético. Os tempos de trabalho de todas as operações foram cronometrados pelo método de cronometragem contínuo, que se caracteriza pela medição de tempo sem detenção do cronómetro, ou seja, efectua-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 efectua o registo de forma sequencial e cronológica, facilitando detecções de possíveis erros (CBE, 2008). Em todas as parcelas de estudo mediu-se o declive e a área para melhor avaliar os tempos de trabalho com as características do local, e registou-se o tipo de povoamento que se encontrava instalado antes da retirada da biomassa. O Quadro 1 resume os parâmetros medidos e apresenta uma caracterização do material vegetal recolhido, itinerário técnico observado, tendo em conta as operações realizadas e os parâmetros medidos nessas operações.

Quadro 1 - Caracterização das parcelas de estudo.

Parcela 1	Parcela 2
<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>Outros: área dividida em terraços</p> <p>Observações em campo: Parâmetros medidos e operações observadas: contabilizou-se o número de fardos produzidos ao longo do tempo de observação; , número de fardos recolhidos em cada rechega e tempo decorrido em cada ciclo de rechega (carregamento, descarregamento e deslocamentos); contabilizou-se o número de fardos e o tempo do carregamento.</p> <p>Distância ao centro de consumo: 77 Km</p>	<p>Localização: concelho de Águeda</p> <p>Área: 42 ha</p> <p>Declive: 12,5%</p> <p>Existências: povoamento de eucalipto com idade compreendida entre 3 e 4 anos, em fase de corte final, devido a uma ataque de</p> <p>Observação em campo: Parâmetros medidos e operações observadas: mediu-se o tempo de cada ciclo; mediu-se o tempo de trituração de cada carregamento da rechega; mediu-se o tempo de carregamento de um camião.</p> <p>Distância ao centro de consumo: 55 Km</p>
Parcela 3	Parcelas 4 e 5
<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 extracção do pinheiro-bravo.</p> <p>Observações em campo: Parâmetros medidos e operações observadas: mediu-se o tempo de cada ciclo; e mediu-se o tempo de trituração e carregamento de um camião.</p> <p>Distância ao centro de consumo: 25 Km</p>	<p>Localização: concelho de Mortágua</p> <p>Área: < 1 ha em ambas as parcelas</p> <p>Declive: 12% na parcela 4, 8% na parcela 5</p> <p>Existências: corte final num povoamento de eucalipto, restando os sobrantes da extracção madeireira.</p> <p>Observações em campo: não foi identificado nenhum itinerário técnico.</p> <p>Parâmetros medidos e operações observadas: na parcela 4; na parcela 5. Mediu-se o tempo do ciclo de rechega e das suas respectivas fases do ciclo na parcela 5.</p>

Os valores das quantidades de carga (material vegetal recolhido) na parcela 1, referentes à rechega e ao transporte dos fardos, foram determinados pelo peso médio dos fardos, medido à entrada do centro de destino da carga que se situava a uma distância de 77 Km. Na parcela 2 a carga foi medida à entrada do centro de consumo (a uma distância de 55 km do local de recolha da BF), utilizando-se como referência para os cálculos o valor médio. Nas restantes parcelas, as quantidades

de carga de recarga, foram calculadas a partir da produtividade da trituradora, visto que era contabilizado o tempo de trituração de cada carregamento.

3 - Resultados e discussão

3.1 - Produtividade, tempo e custo

Com base nas medições de tempo e consumos do trabalho efectuado em todos os itinerários técnicos observados calculou-se a produtividade, o tempo, e o custo das operações.

Para as parcelas 1 e 2, os valores dos custos de cada operação, em $\text{€}.\text{ton}^{-1}$, foram fornecidos pela empresa que efectuou a recolha de BF (Quadro 2), assim como os consumos específicos da maquinaria (utilizados para o cálculo do balanço energético). Os custos das operações realizadas nas parcelas 3, 4 e 5 foram calculados através do consumo específico de cada máquina (consumo fornecido pela empresa que efectuou o serviço), em $\text{L}.\text{h}^{-1}$, tendo em conta o tempo despendido (contabilizado no terreno) e as produções das máquinas (dado utilizado para estimar as quantidades de material processado por unidade de tempo). Estes dados forneceram informação sobre o consumo de cada máquina por tonelada de biomassa processada. Com base no preço médio do custo de combustível (gasóleo) e lubrificantes (usou-se o valor de $1,29 \text{ €}.\text{L}^{-1}$), estimou-se o custo, em $\text{€}.\text{ton}^{-1}$, para cada operação nestas parcelas¹.

A operação de enfardamento foi monitorizada apenas na parcela 1, pelo que a operação isolada não é comparável com as restantes parcelas. Para este caso apenas se utilizaram os valores totais no conjunto das operações para a recolha de BF. Verifica-se que as produtividades variaram com o tipo de máquina utilizado, condições do terreno, tipo de biomassa e distância de recarga (Quadro 2). As parcelas cuja recarga foi efectuada com autocarregador possuem maior produtividade comparativamente com as parcelas em que foi utilizado tractor com reboque. Na parcela 4, o autocarregador possui uma produtividade de $11,5 \text{ ton}.\text{h}^{-1}$ ao contrário da parcela 5 que possui uma produtividade de $4,1 \text{ ton}.\text{h}^{-1}$. A produtividade da trituração também varia entre as parcelas, verificando-se uma

1. Os valores foram utilizados por unidade de biomassa extraída ($\text{ton}.\text{h}^{-1}$, $\text{€}.\text{ton}^{-1}$, $\text{min}.\text{ton}^{-1}$) pelo que não foram contabilizadas as quantidades de biomassa (ton) extraídas em cada parcela, nem o tempo total de extracção.

produtividade superior na parcela 4 com 30,4 ton.h⁻¹, face às parcelas 2 e 3 que possuem menores produtividades (15 e 10 ton.h⁻¹, respectivamente). A operação de carregamento apresenta maior produtividade na parcela 1 (27 ton.h⁻¹) quando comparada com a parcela 2 (22,3 ton.h⁻¹). Estes resultados reflectem a diferença do tipo de BF, forma de carga (na parcela 1 o camião possuía uma grua acoplada, fazendo a sua própria carga, enquanto na parcela 2 a carga foi feita por uma grua acoplada num tractor) e meio de transporte distinto com diferentes capacidades de carga: o camião possuía uma carga média de 22,0 ton na parcela 1, 17 ton na parcela 2 e 7 ton na parcela 3.

Relativamente ao tempo total necessário para extracção de 1 ton de BF (inclui a realização de todas as operações até ao carregamento, não sendo contabilizado o tempo de transporte), verifica-se que a parcela 2 necessita de maior tempo (cerca de 19,7 min) face às restantes parcelas 1 e 3, que necessitam de 15 e 10 min respectivamente, para a extracção da mesma quantidade de BF (Quadro 2). No que diz respeito à rechega, operação comum em todas as parcelas, a parcela 5 é a que necessita de maior tempo para extracção de 1 ton (14 min), e a parcela 3 a que necessita de menos tempo (4 min). Tendo em conta que cada uma das parcelas continha factores fisiográficos distintos, não é possível relacionar os dados que levaram à obtenção dos valores de rechega, estando estes apenas relacionados com as máquinas utilizadas, fisiografia do terreno e distância ao carregadouro.

A trituração é outra actividade comum a grande parte das parcelas observadas, nomeadamente parcelas 2, 3 e 4. Os parâmetros que variam no tempo gasto nesta operação estão dependentes da marca e modelo da máquina, assim como a potência das máquinas, espécie vegetal, tipo de BF e órgão de corte, sendo este último comum em todas as máquinas utilizadas (martelos). Verifica-se que o tempo de trituração de 1 ton é superior na parcela 3 (6 min.ton⁻¹) e inferior nas parcelas 3 e 4 (4 e 2 min.ton⁻¹, respectivamente).

Quadro 2 - Produtividade (ton.ha^{-1}), tempo gasto (min.ton^{-1}) e custos ($\text{€}.\text{ton}^{-1}$) de cada operação.

Parcela	Operação	Máquina	Produtividade (ton.h^{-1})	Tempo (min.ton^{-1})	Total (min.ton^{-1})	Custo ($\text{€}.\text{ton}^{-1}$)	Total ($\text{€}.\text{ton}^{-1}$)
1	Enfardamento	Enfardadeira	8,3	7,2	15,1	7,1	18,6
	Rechega	Autocarregador	10,6	5,7		3,0	
	Carga	Camião com grua acoplada	27,0	2,2		0,9	
	Transporte	Camião	-	-		7,6	
2	Rechega	Tractor + reboque	4,6	13,0	19,7	11,0	29,0
	Trituração	Trituradora de martelos	15,0	4,0		10,0	
	Carga	Grua acoplada num tractor	22,3	2,7		1,0	
	Transporte	Camião	-	-		7,0	
3	Rechega	Autocarregador	15,0	4,0	10,0	4,1	12,9
	Trituração + Carga	Trituradora de martelos	10,0	6,0		6,8	
	Transporte	Camião	-	-		2,0	
4	Rechega	Autocarregador	11,5	5,2	-	-	-
	Trituração	Trituradora de martelos	30,4	2,0	-	-	
5	Rechega	Tractor + reboque	4,1	14,6	-	-	-

3.2 - Balanço económico e energético

Com a finalidade de estudar a viabilidade económica e energética da extracção e aproveitamento energético da BF, calculou-se o balanço económico para as parcelas 1, 2 e 3 e energético para as parcelas 1 e 2. O cálculo destes balanços justifica-se pela variabilidade de operações e itinerários técnicos observados, assim como pelo tipo de biomassa extraída e posterior comparação entre resultados das parcelas. De salientar que, nas parcelas 4 e 5 não foram observados itinerários técnicos, mas sim algumas operações isoladas (rechega e trituração).

O cálculo do balanço económico consiste na diferença entre o custo total das operações de extracção até à colocação do material vegetal na central de consumo e o retorno da venda da BF entregue (com um diferencial positivo ou negativo). O balanço energético permite calcular o saldo entre a energia que é consumida por todas as máquinas utilizadas para a extracção da BF e a produção em energia que a BF terá aquando da sua transformação na central. Para o cálculo do balanço económico utilizaram-se os custos de cada operação que compõe o itinerário técnico de cada parcela, tendo como base de cálculo a extracção de 1 ton de BF. Utilizou-se como valor de receita o preço, em média, praticado pelas Centrais Termoeléctricas de Biomassa Florestal para 1 ton de BF (30 €). Estas centrais utilizam a BF, através da sua combustão, com a finalidade única de produção de energia eléctrica, sendo denominadas por centrais termoeléctricas dedicadas. Relativamente à parcela 1, calcularam-se os valores dos custos em euros de extracção de 1 ton de BF das operações de enfardamento, rechega, carga e transporte. Este balanço foi feito para uma parcela localizada a 77 Km do centro de consumo, resultando num balanço económico positivo no valor de 11,4 €.ton⁻¹. Para a parcela 2, usaram-se os valores dos custos em euros de extracção de 1 ton de BF das operações de rechega, trituração, carga e transporte. Neste caso, a parcela estava localizada a 55 Km do centro de consumo, resultando num balanço económico positivo, embora um valor muito baixo, de 1,0 €.ton⁻¹. Para a parcela 3, 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⁻¹ (Quadro 3). Quanto aos custos associados a cada uma das operações, verificou-se que a parcela 2 apresentou o custo total mais elevado (29,0 €.ton⁻¹), seguido da parcela 1 (18,6 €.ton⁻¹) e o mais baixo na parcela 3 (12,9 €.ton⁻¹). É de salientar que a distância do local de extracção ao centro de consumo foi de 77 Km, 55 Km e 25 Km para as parcelas 1, 2 e 3, respectivamente e que apesar da maior distância na parcela 1, o facto da capacidade de carga do camião na parcela 1 ser superior ao utilizado na parcela 2 (22 ton 17 ton) fez com que os custos de transporte fossem idênticos (7,6 e 7,0 €.ton⁻¹). Verificou-se também que o custo total da parcela 2 foi principalmente influenciado pelos custos das operações de rechega e trituração, e não tanto pelos custos de transporte.

Quadro 3 - Balanço económico para as parcelas 1, 2 e 3.

Parcela	1					2					3			
Operações	Enfardamento	Recega	Carga	Transporte	Total	Recega	Trituração	Carga	Transporte	Total	Recega	Trituração + Carga	Transporte	Total
Custos (€.ton ⁻¹)	7,1	3,0	0,9	7,6	18,6	11,0	10,0	1,0	7,0	29,0	4,1	6,8	2,0	12,9
Receita(€.ton ⁻¹)	30													
Balanço (€.ton ⁻¹)	11,4					1,0					17,1			

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⁻¹), 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 e WEISELBERG, s/d).

Para uma base de cálculo de 1 ton de biomassa de eucalipto (17500 MJ.ton⁻¹) (LUGER e WEISELBERG, s/d), calculou-se o balanço energético pela diferença entre a energia produzida e a energia consumida. No caso de centrais em co-geração, é possível converter a quase totalidade da energia da madeira em energia eléctrica e térmica, razão pela qual no cálculo do balanço energético se pode considerar como energia produzida o valor de 17500 MJ.ton⁻¹. A co-geração consiste na produção eficiente de 2 formas de energia (calor e electricidade) no mesmo equipamento com a mesma fonte primária de energia, neste caso é aproveitado o calor da combustão de BF para aquecimento (PROJECTO ENERSILVA, 2007). Caso o objectivo seja apenas a produção de energia eléctrica (centrais dedicadas), apenas 1/3 da energia total contida na madeira pode ser convertida em energia eléctrica. Neste caso, para o balanço energético apenas se considera 1/3 do valor da energia total, ou seja, 5833 MJ.ton⁻¹ (MOREIRA *et al.*, 2010).

O Quadro 4 apresenta os valores do consumo de gasóleo (L.ton⁻¹) e a sua conversão em energia (MJ.ton⁻¹). Verifica-se que o consumo energético do total das operações na parcela 1 é 326,6 MJ.ton⁻¹, sendo o transporte a operação com maior consumo (161 MJ.ton⁻¹), e o carregamento a operação que possui um menor

consumo (18,4 MJ.ton⁻¹). Na parcela 2, o consumo energético total é 257,6 MJ.ton⁻¹ e, tal como na parcela 1, o transporte é a operação que possui um maior consumo (73,6 MJ.ton⁻¹) e o carregamento a operação de menor consumo (18,4 MJ.ton⁻¹). O balanço energético é positivo nos dois itinerários técnicos, embora o conjunto das operações da parcela 1 consuma mais 69 MJ.ton⁻¹ que o conjunto de operações da parcela 2. A maior diferença de consumo é no transporte, com um valor de 161 MJ.ton⁻¹ na parcela 1 e 73,6 MJ.ton⁻¹ na parcela 2. Verifica-se que para a produção de 1 ton de BF foram consumidos 326,6 MJ.ton⁻¹ (parcela 1) e 257,6 MJ (parcela 2) e que essa mesma BF contém aproximadamente 17500 MJ.ton⁻¹ de energia. Assim sendo, caso fosse possível aproveitar toda a energia contida na BF (situação próxima da co-geração), o saldo seria de +17173 MJ.ton⁻¹ e +17242 MJ.ton⁻¹ nas parcelas 1 e 2, respectivamente. Num cenário de utilização de biomassa no regime normal de produção de energia em centrais dedicadas, onde só cerca de $\frac{1}{3}$ da energia contida na BF é possível ser transformada em energia eléctrica, o balanço de energia seria menor, sendo, ainda assim, positivo e com um valor de +5506 MJ.ton⁻¹ (parcela 1) e +5575 MJ.ton⁻¹ (parcela 2).

Quadro 4 - Balanço energético para as parcelas 1 e 2.

	Parcela 1		Parcela 2	
Operação	Consumo gasóleo (L.ton ⁻¹)	Equivalente em energia (MJ.ton ⁻¹)	Consumo gasóleo (L.ton ⁻¹)	Equivalente em energia (MJ.ton ⁻¹)
Enfardamento/Trituração	2,1	96,6	2,5	115,0
Rechega	1,1	50,6	1,1	50,6
Carregamento	0,4	18,4	0,4	18,4
Transporte	3,5	161,0	1,6	73,6
Total (consumo)	7,1	326,6 (a)	5,6	257,6 (a)
Poder calorífico para o eucalipto	-	17500,0 (b)	-	17500,0 (b)
Saldo Global (b)-(a)	-	+17173,4	-	+17242,4
Produção de Energia Centrais Dedicadas (energia eléctrica). ($\frac{1}{3}$ (b))	-	5833,0 (c)	-	5833,0 (c)
Saldo de centrais dedicadas (energia eléctrica) (c) - (a)	-	+5506,4	-	+5575,4

a: soma do equivalente em energia (MJ.ton⁻¹) das operações em cada parcela; b: poder calorífico para o eucalipto (MJ.ton⁻¹); c: produção energética das centrais dedicadas (MJ.ton⁻¹).

4 - Conclusões

O presente trabalho possibilitou a estimativa da produtividade das operações monitorizadas no processo de extracção de biomassa florestal (BF). Com base nesta estimativa, foi possível a comparação dos itinerários técnicos 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 extracção de BF, tendo por base as propriedades específicas de cada parcela (tipo de biomassa, maquinaria utilizada, itinerário técnico utilizado). Os resultados obtidos indicam um balanço positivo para as situações analisadas, tendo-se obtido um valor superior para a parcela 3 (17,1 €. ton^{-1}) que se encontrava a 25 Km do centro de consumo (parcela mais próxima). No entanto, comparando as parcelas 1 e 2, o balanço económico da parcela 2 (com um balanço de 1,0 €. ton^{-1} ; distância ao centro de consumo de 55 Km) é inferior ao da parcela 1 (distância de 77 Km, com um balanço de 11,1 €. ton^{-1}), justificando-se estes valores pela tipologia de cada parcela, nomeadamente material vegetal extraído (fardos e estilha), características fisiográficas, maquinaria e itinerário técnico. Verificou-se um balanço energético positivo, o que torna viável energeticamente a realização destes itinerários técnicos, para estas condições, sendo que as operações da parcela 1 consomem maior quantidade de energia que as da parcela 2, estando esta diferença imputada à energia necessária ao transporte (a distância ao centro de consumo é superior na parcela 1).

A realização deste trabalho permitiu o desenvolvimento de metodologias para o conhecimento dos tempos e custos das operações de extracção de BF. É aconselhável a realização de estudos semelhantes a nível nacional para avaliar condicionantes responsáveis pela variação do tempo e custo das operações, de forma a criar um modelo de apoio à decisão.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Eng.^a Teresa Silva, Sr. Ilídio Esteves, Eng.^o Luís Filipe, Sr. António Ramos e Sr. Carlos Ramos pelo apoio na realização do trabalho de campo e dados disponibilizados, e ao Eng.^o Marco Magalhães pela ajuda na elaboração do mapa de localização da área de estudo.

Referências bibliográficas

- ANTOLÍN, G., IRUSTA, R., VELASCO, E., CARRASCO, J., GONZÁLEZ, E., ORTÍZ, L., 1996. Biomass as an energy resource in Castilla y Leon (Spain). *Energy* **21** (3): 165-172.
- CBE, 2008. Avaliação dos custos de aproveitamento da biomassa florestal. In *Comunicações do Seminário sobre Multifuncionalidade da Floresta através da Exploração dos Recursos Florestais e Silvopastorícia*, FPDF, MADRP, DGRF, ESAV, IDARC, Lousã, pp. 6-54.
- DE WIT, M., FAAIJ, A., 2010. European biomass resource potential and costs. *Biomass and Bioenergy* **34** (2): 188-202.
- DGE-DIRECÇÃO-GERAL DA ENERGIA, 2002. *Energia Portugal 2001*. DGE, 71-72.
- DGRF-DIRECÇÃO-GERAL DOS RECURSOS FLORESTAIS, 2007. *Estratégia Nacional para as Florestas*. Lisboa, Imprensa Nacional Casa da Moeda, pp. 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** (5): 661-666.
- FERREIRA S., MOREIRA N.A., MONTEIRO E., 2009. Bioenergy overview for Portugal. *Biomass and Bioenergy* **33** (11): 1567-1576.
- GOMES, C., 2009. *Avaliação técnica-económica da produção de estilha*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 152 pp.
- LUGER E., WIESELBURG B.L.T. (s/d). *Eucalypt - Introduction as energy crop*, 18 pp. consultado em 15/10/2010 de <http://www.josephinum.at/blt.html>.
- MOREIRA N., BORGES A., MACHADO A., 2010. Métodos de aproveitamento energético de biomassa florestal. In *Comunicações do Seminário Novas tecnologias na floresta*, Ordem dos Engenheiros, Matosinhos.
- PROJECTO ENERSILVA, 2007. *Enersilva - Promoção do uso da biomassa florestal para fins energéticos no sudoeste da Europa (2004-2007)*, pp. 15-30.
- 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.