

# POTENCIALIDADE ENERGÉTICA DO SUBCOBERTO DE MONTADO DE SOBRO

I.C. Menezes<sup>1</sup>, N. Ribeiro<sup>2</sup>, J. Corte-Real<sup>3,7</sup>, P. Surový<sup>4,5</sup>, S. Freitas<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ICAAM; ICAAM, Universidade de Évora. Portugal. E-mail: isilda@uevora.pt

<sup>2</sup> ICAAM; Dep. Eng<sup>a</sup>. Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora. Portugal. E-mail: nribeiro@uevora.pt

<sup>3</sup> ICAAM; ICAAM, Universidade de Évora. Portugal. E-mail: jmcr@uevora.pt

<sup>4</sup> ICAAM; ICAAM, Universidade de Évora. Portugal. E-mail: psurovy@gmail.com

<sup>5</sup> Institute of Statistical Mathematics, Risk Analysis Research Center; Japan. E-mail: psurovy@gmail.com

<sup>6</sup> GMAI; CPTEC, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil. E-mail: saulo.freitas@cptec.inpe.br

<sup>7</sup> UNICA; Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. E-mail: p411@ulusofona.pt

### Resumo

A absorção de calor e a consequente flamabilidade inferidas pelo poder calorífico superior e o conhecimento do poder calorífico inferior do combustível, dão uma ideia da intensidade de um fogo florestal se este se iniciar em espécies arbustivas, arbóreas e algumas herbáceas, características do Montado no distrito de Évora. A taxa de compactação do dossel de sub-coberto e a sua taxa de compactação óptima são um indicador da intensidade da reacção e do espalhamento de um fogo florestal. As espécies como os arbustos *Quercus coccifera* e as árvores *Pinus pinea* e *Eucalyptus globulus* tem capacidade moderada de se inflamar e inflamar as outras espécies. O arbusto *Calicotome villosa* e árvore *Quercus suber* têm alta flamabilidade, e a árvore da espécie *Pinus pinaster* apresenta extrema flamabilidade.

### Abstract

Heat absorption and consequently flammability inferred by high heat and the knowledge of low heat, gives an idea of the intensity of a forest fire if this starts in shrubs, trees and herbaceous species, characteristics of Montado in district of Évora. The packing ratio of canopy sub-cover and optimum packing ratio are indices of reaction intensity and spread of a forests fire. Species like shrub *Quercus coccifera* and trees *Pinus pinea* and *Eucalyptus globulus* have a moderate flammability capacity. The shrub *Calicotome villosa* and the tree *Quercus suber* have high flammability, and the tree of species *Pinus pinaster* have an extreme flammability.

**Palavras Chave:** biomassa, flamabilidade, compactação, potencia.

## 1. INTRODUÇÃO

O Alentejo é uma região de montado, e possui um modelo de cobertura de terreno singular de savana, de produções múltiplas e complementares constituindo um complexo sistema agro-florestal (Pinto-Correia e outros, 2011). As espécies características do seu sub-coberto encontram-se disseminadas em comunidades de espinhal, carrascal, de sargaçais, de estevais, de piorno, de tamargais, de silvados e de herbáceas onde coabitam também espécies arbóreas de sobro, de azinheira formando povoados puros e mistos com pinheiro manso, pinheiro bravo e eucalipto.

A capacidade de absorção de calor destas espécies arbustivas de sub-coberto e arbóreas e consequentemente a sua flamabilidade por aquecimento anormal dependem da sua estrutura interna, humidade, composição química e estados fisiológicos e fenológicos, e a influenciam o risco de eclosão de um incêndio e a sua rapidez inicial de progressão. A existência de espécies muito flamáveis a partir de certas frequências influi muito na combustibilidade de um incêndio. A capacidade calórica, ou seja, a capacidade de absorção de calor sem se inflamar está relacionada com a densidade do combustível. De uma forma geral, madeiras mais densas absorvem mais calor antes de se inflamarem enquanto as menos densas atingem o ponto de ignição mais rapidamente (Fernandes, 1991). O poder calorífico superior é definido como a quantidade de calor gerado pela combustão completa da unidade de massa da amostra numa atmosfera com oxigénio numa bomba calorimétrica, assumindo que a humidade contida numa amostra e a água que se gera por combinações do hidrogénio ficam na forma líquida. A flamabilidade de uma espécie vegetal pode ser inferida do poder calorífico superior. O poder calorífico inferior pode ser calculado a partir do poder calorífico superior assumindo que a água formada e os produtos de combustão ficam na forma de vapor (Núñez-Regueira e outros, 2000). O conhecimento do poder calorífico inferior dá uma ideia da magnitude da intensidade de um fogo, chamada de intensidade de Byram. Torna-se um índice do espalhamento e da violência de um fogo. Este calor é usado igualmente para determinar a potência da biomassa para produção de energia limpa. Factores como o tipo e a quantidade de matéria-prima da biomassa, sua distribuição geográfica, a forma desejada de energia limpa, utilização final e requisitos, ou seja, as normas ambientais e as condições económicas introduzem limitações na sua sustentabilidade e escolha de processos alternativos como a fragmentação e deposição no solo da biomassa destruída ou a sua queima, em vez do seu uso para fins energéticos

A compactação da biomassa florestal superficial, considerada neste trabalho como o dossel de arbustos e as herbáceas, pois na região estudada não se encontrou manta morta significativa, são indicadores da velocidade de propagação de um incêndio florestal superficial e da sua intensidade de reacção.

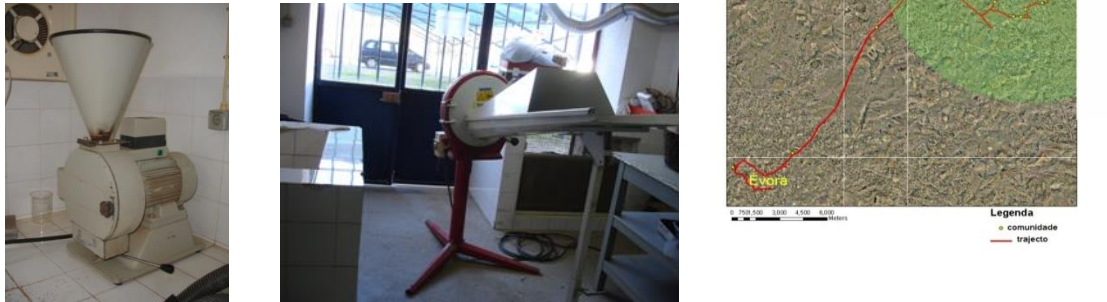
Esta pesquisa tem o objectivo de avaliar as características energéticas das principais espécies vegetais existentes no montado no distrito de Évora.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Colectou-se flora característica da região do Alentejo que nasce em comunidades bem definidas dentro e nas zonas limítrofes da Bacia da Pardiela no distrito de Évora. Estas comunidades de sub-bosque foram georreferenciadas em áreas de amostragem de 10 m<sup>2</sup> e foram recolhidas todas as espécies arbustivas, e a vegetação herbácea. A colecta foi feita em séries de 5 áreas amostrais de cada comunidade, num total de 55 amostras. A recolha decorreu no Outono de 2011. A colecta de ramos de árvores aconteceu no inverno do mesmo ano na herdade da universidade de Évora situada na Mitra.

Foi determinada a altura e a percentagem de coberto de cada espécie arbustiva e herbáceas dentro da área amostral, antes de se proceder ao corte raso. Depois, as amostras foram colocadas em sacos de plástico, pesadas e transportadas para o laboratório. As espécies arbustivas foram separadas em classes de tamanho, e a classe de tamanho inferior a 0,64 cm, foi composta por uma mistura de folhas, talos e ramos. Os ramos das diferentes espécies arbóreas colectados foram separados e considerou-se apenas a classe de tamanho inferior ou igual a 0,64 cm composta por folhas, talos e

ramos. Parte das amostras da classe fina ( $\leq 0,64$  cm) de todas as espécies estudadas, foram lavadas, secadas em estufa a  $75^{\circ}\text{C}$ , trituradas e crivadas com crivo de 0.5 mm para se efectuar a medição do seu poder calorífico. As herbáceas colectadas foram consideradas como uma classe de tamanho único e inferior a 0,64 cm e foram processadas segundo a mesma metodologia, Fig. 1.



**Figura 1.** Tritrador de mato e moinho/triturador, usados para triturar as amostras das espécies colectadas nas diferentes comunidades de sub-bosque existentes nas herdades agro-silvo-pastoril no distrito de Évora. Comunidades de sub-bosque georreferenciadas com GPS.

Estas espécies colectadas habitam em comunidades homogéneas num sistema agro-silvo-pastoril denominado de Montado, constituído essencialmente por sobre (*Quercus suber*) e azinho (*Quercus ilex rotundifolia*) e voltado para a produção de cortiça (Pinto-Correia e outros., 2011). É neste sistema multifuncional em coexistência com zonas de sub-bosque que se colectaram as comunidades de espinhais de *Calicotome Villosa*, os carrascais de *Quercus coccifera*, os sargaçais de *Cistus salvifolius* e *Cistus crispus*, os estevais de *Cistus ladanifer*, o pionar de *Retama sphaerocarpa* e, dispersos ao longo de linhas de água, os tamargais de *Tamarix africana*, os silvados de *Rubus ulmifolius* e, onde existe uma grande diversidade de herbáceas de onde se destacam os juncais de *Juncus acutus*, os cardais de *Carlina corymbosa* e o baraçal de *Stipa gigantea*. Outras espécies arbóreas colectadas que coabitam estes sistemas de montado de sobre e de azinheira, formando povoados mistos, são pinheiro manso (*Pinus pinea*) o pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) e o eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Fig. 2.



## II Workshop (Bio)Energia

**Figura 2.** Localização das diferentes comunidades de espécies de sub-bosque colectadas nas herdades agro-silvo-pastoril no distrito de Évora, na Bacia da Pardiela.

A medição do poder calorífico de cada amostra das diferentes espécies trituradas, descritas em cima, foi feita com uma bomba calorimétrica IKA C-200 de acordo com o método CEN/TS 14918, 2005. Colocou-se cerca de 0.2 g da biomassa seca em estufa no cadinho onde se introduziu o fio de ignição e colocou-se este dentro do vaso de combustão da bomba calorimétrica, fechando-o de seguida hermeticamente.

Segundo Telmo & Lousada, 2011, o valor do poder calorífico inferior (LHV) a pressão constante pode ser derivado da diferença entre o valor de poder calorífico superior de base seca a volume constante (HHD), com o conteúdo em percentagem de hidrogénio,  $H_D$ , de oxigénio,  $O_D$ , da massa do combustível livre de humidade e do conteúdo em percentagem de nitrogénio,  $N_D$ :

$$LHV = HHD - 212.2 \times H_D - 0.8 \times (O_D + N_D) \quad \text{com HHD em MJ/kg} \quad (1)$$

Como a biomassa foi seca em estufa, foi-lhe retirada a humidade e o seu poder calorífico superior de base seca recebido durante a combustão, pode ser considerado como o poder calorífico superior (HHV), tornando-se assim a diferença entre o valor do poder calorífico inferior e o valor do poder calorífico superior dependente da composição química do combustível florestal, conforme indicado na equação 1.

De acordo com DD CEN/TS 14918 a composição química de bio-combustíveis sólidos, nomeadamente a percentagem de hidrogénio, oxigénio de nitrogénio é descrita na Tabela 1.

**Tabela 1.** Percentagem de hidrogénio,  $H$ , oxigénio,  $O$ , e nitrogénio,  $N$ , dos combustíveis florestais segundo DD CEN/TS 14918

	% H	% O	% N
Wood *	6.2	43.0	0.1
full trees	6.2	42.0	0.2
Cutting residues	6.1	41.0	0.5
Cortex	6.1	40.0	0.4
Bush	6.3	44.0	0.5

\* sem cortex e folha

e segundo Ragland & Aerst, 1991:

**Tabela 2.** Percentagem de carbono,  $C$ , hidrogénio,  $H$ , oxigénio,  $O$ , nitrogénio,  $N$ , de combustíveis florestais duros e macios (Ragland, 1991).

Elemento	Média de 11 madeiras duras	Média de 9 madeiras macias
C	50.2	52.7
H	6.2	6.3
O	43.5	40.8
N	0.1	0.2

a percentagem de carbono para espécies macias é de 50-53% e para as espécies duras de 47-50%. Todas as espécies contem cerca de 6% de hidrogénio (Petura citado por Ragland, 1991). O conteúdo de oxigénio encontra-se entre 40 a 44% e o de nitrogénio entre 0.1-0.2%.

O poder calorífico superior é usado neste trabalho para inferir a flamabilidade das espécies florestais e o poder calorífico inferior poderá ser usado para determinar a potência da biomassa para produção de energia limpa, se se considerar apenas a carga por metro quadrado da biomassa mais fina, uma vez que as determinações do poder calorífico inferior foram feitas para a classe fina.

A utilização de biomassa para produzir energia é apenas uma forma de energia renovável que pode ser utilizada para reduzir o impacto da produção e utilização de energia sobre o ambiente global.

Do ponto de vista do sistema, o desempenho técnico-económico da produção de centrais de energia de biomassa é caracterizado pela eficiência de conversão de energia global, que determina a quantidade de biomassa necessária para uma dada potência e, ao mesmo tempo, é fortemente dependente da tecnologia adoptada e do tamanho da planta.

A planta é modelada por uma função de transferência entre a taxa de biomassa que chega à central  $M$  (unidade:  $t \text{ ano}^{-1}$ ) e a potência de energia eléctrica  $W$  (unidade: MW) que se cria (Caputo, 2005):

$$W = \frac{M \times \eta_e \times LHV}{3600 \times OH} \quad (2)$$

Sendo  $\eta_e$  a eficiência de conversão da energia do sistema (%),  $OH$  o numero de horas de operação anual do sistema (aproximadamente igual a  $8000 \text{ h ano}^{-1}$ ) e  $LHV$  (unidade: kJ/kg) o valor de poder calorífico inferior da biomassa. A central termoeléctrica pertencente ao grupo Soprocél-Portosel, situada em Setúbal, central para onde deverá ser encaminhada a biomassa recolhida na região de Évora tem uma eficiência de conversão da energia do sistema, na central de cogeração, de 80% e, na central termoeléctrica de 27%. O complexo fabril da Portucél-Soprocél em Setúbal, termoeléctrica central de cogeração de ciclo combinado a gás natural e termoeléctrica a biomassa possui a capacidade de 12.5MW.

A intensidade de um fogo pode ser avaliada pelo modelo de intensidade de Byram (Van Wagner, 1974) em função do poder calorífico inferior (LHV) considerado como o calor de combustão, da carga do combustível consumido  $W_c$  (peso do combustível por unidade de área) e da velocidade de espalhamento do fogo florestal  $v$  :

$$I = (LHV) W_c v \quad (3)$$

A intensidade de reacção (Rothermel, 1972) de um fogo florestal é função da velocidade de reacção,  $I'$ , do peso seco do combustível por unidade de volume ocupado,  $W$ , do poder calorífico inferior,  $h$ , e dos coeficientes de amortecimento de humidade,  $\eta_m$  e mineral,  $\eta_s$  :

$$I_r = I' W h \eta_m \eta_s \quad (4)$$

As equações 3 e 4 fazem parte dos termos do modelo de espalhamento de fogo florestal de superfície de Rothermel, 1972. Para se poder fazer uma avaliação da intensidade de ambos os termos e dos descritos em baixo nas equações 5 e 6, procedeu-se à separação



em classes de tamanho, vivas ou mortas de acordo com os requisitos do modelo, secando-se as amostras em estufa de classe superior a 0,64 cm, a 105°C, e as inferiores a 75°C. Determinaram-se o peso seco por metro quadrado,  $\bar{W}_0$  (kg/m<sup>2</sup>), de cada espécie e o seu volume seguindo o método do deslocamento da água. Estes parâmetros e os determinados em campo serviram para calcular a densidade seca,  $\rho_p$ , de cada espécie a sua compactação,  $\beta$ , a compactação óptima,  $\beta_{op}$ , e a razão compactação versus compactação óptima:

$$\beta = \frac{1}{\sigma} \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( \bar{W}_0 \right)_{ij}}{\left( \rho_p \right)_{ij}} \quad (5)$$

$$\beta_{op} = 3.348 \sigma^{-0.8189} \quad (6)$$

O quociente área da superfície pelo volume,  $\sigma$ , foi determinado para caules pouco lenhosos e folhas segundo Fujioka e Fujii (1980) e para caules mais lenhosos a partir de medições da área da superfície com recurso a um scâner digital HP Scanjet 4850 e a uma craveira. O volume do combustível nas diferentes classes mais lenhosas foi determinado segundo o método citado anteriormente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O combustível florestal fino, menor que 0,64 cm, controla a propagação da frente de fogo num incêndio florestal (Rothermel, 1972), e a sua absorção de calor até que inflama, chamada de poder calorífico superior, tem uma relação directa com a capacidade térmica da planta derivada da constituição do seu tecido celular, com a quantidade de massa e por sua vez, com a sua densidade seca.

Os combustíveis florestais resultam de agrupamentos complexos de moléculas constituídos por celulose e hemiceluloses, lenhina, minerais e água. O processo de combustão envolve degradação térmica do combustível e oxidação dos produtos. A celulose e hemicelulose (holocelulose) têm baixo conteúdo de calor por causa do seu alto nível de oxidação e a lenhina e extractivos tem baixo grau de oxidação e alto conteúdo de calor de combustão (Shafizadeh citado por Katakai e Konwer, 2001).

As espécies arbustivas colectadas na região do distrito de Évora, foram comparadas com base num mesmo valor de massa (0.2 g) e apresentam valores de LHV e HHV determinado das suas partículas mais finas, compreendido entre 18643 kJ/kg e 20678 kJ/kg e 18657 kJ/kg e 20692 kJ/kg, respectivamente. O arbusto *Calicotome villosa* com valor de poder LHV de 20563 kJ/kg e HHV de 20577 kJ/kg, apresenta uma densidade seca na classe de diâmetro mais fina de 0,75 g/cm<sup>3</sup>, menor que as das outras espécies. A espécie arbórea, colectada, *Quercus ilex*, apresenta um valor menor de LHV de 19453 kJ/kg e de HHV de 19467 kJ/kg menor que o das outras espécies, mas apresenta uma densidade seca das suas partículas finas bastante elevada de 0,81 g/cm<sup>3</sup>, como se pode ver na Tabela 3.

## II Workshop (Bio)Energia

**Tabela 3.** Poder calorífico inferior (kJ/kg) e densidade seca (g/cm<sup>3</sup>) nas diversas classes de tamanho vivas e mortas das espécies arbustivas, herbáceas e arbóreas estudadas na no distrito de Évora.

	Poder calorífico		Densidade seca					
	LHV (Classe 1)	HHV (Classe 1)	Classe 1	Classe 2	Classe 3	1 hr	10 hr	100hr
<b>Arbustos</b>								
<i>Calicotome villosa</i>	20563	20577	0,75	0,85	0,85		0,76	0,85
<i>Tamarix africana</i>	19058	19071	0,92	0,91	0,87	0,80	0,77	0,74
<i>Ratama sphaerocarpa</i>	20678	20692	0,90	0,92	0,86		0,85	0,87
<i>Cistus ladanifer</i>	19383	19397	0,86	0,87	0,87		0,77	0,82
<i>Quercus coccifera</i>	19537	19551	0,87	0,94				
<i>Cistus salvifolius</i>	18643	18657	0,70					
<i>Cistus crispus</i>	18767	18781	0,60					
<i>Rubus ulmifolius</i>	19059	19073	0,83	0,88				
<b>Herbáceas</b>								
<i>Stipa gigantea e outras</i>	18439	18453	0,43					
<i>Juncus acutus</i>	17926	17940	0,52					
<i>Carlina corymbosa</i>	18005	18018	0,22					
<b>Árvores</b>								
<i>Pinus pinaster</i>	21643	21657	0,84					
<i>Pinus pinea</i>	20227	20240	0,69					
<i>Eucalyptus globulus</i>	21012	21025	0,74					
<i>Quercus ilex</i>	19453	19467	0,81					
<i>Quercus suber</i>	20503	20517	0,83					

A flamabilidade, ou a resistência que um combustível florestal possui para se opor ao fogo, ou seja, a capacidade de incendiar espontaneamente através da exposição a um aquecimento anormal e de propagar o fogo a outros combustíveis vizinhos mostra que quanto mais elevado é o seu valor menor é a resistência do combustível ao fogo, e mais rápido início da sua ignição (Núñez-Regueira, 2000).

Segundo o índice de risco de flamabilidade de Valette, as espécies do Montado que tem um flamabilidade baixa e não representam risco significativo para inflamarem as espécies vizinhas são as herbáceas, as que se inflamam e inflamam as outras espécies são os arbustos, *Tamarix africana*, os *Cistus ladanifer*, os *Cistus salvifolius*, os *Cistus crispus*, os *Rubus ulmifolius* e a árvore da espécie *Quercus ilex*. As que têm capacidade moderada de se inflamar e inflamar as outras espécies são os arbustos *Quercus coccifera* e as árvores *Pinus pinea* e *Eucalyptus globulus*. De alta flamabilidade, aparece o arbusto *Calicotome villosa* e *Quercus suber*, e de extrema flamabilidade a árvores da espécie *Pinus pinaster*, como se verifica na Tabela 4.

**Tabela 4.** Índice de risco de flamabilidade dos arbustos e árvores segundo Doat e Valette citado por Núñez-Regueira, 2000, inferido através do poder calorífico superior (kJ/kg).

Classe 1	HHV<18 500	flamabilidade baixa
Classe 2	18 500<HHV<19 500	flamabilidade
Classe 3	19 500<HHV<20 500	Flamabilidade moderada
Classe 4	20 500<HHV<21 500	Flamabilidade alta
Classe 5	HHV>21 500	Flamabilidade extrema

A compactação da biomassa é o espaçamento entre as partículas do combustível, que relaciona a percentagem de oxigénio disponível nos seus interstícios para a combustão e consequente aumento da intensidade do fogo e, sua velocidade de propagação, assim como, a sua taxa de secagem e consequente capacidade para ignição (Burgan e Rothermel, 1984). A compactação da biomassa tem expressão na camada mais próxima do solo, considerada como dossel de superfície. Devido às dimensões dos arbustos *Tamarix africana* e *Ratama sphaerocarpa* não são considerados pelo autor como combustíveis de superfície e por isso encontram-se ausentes na coluna da taxa de compactação na Tabela 5. Nesta tabela pode observar-se que a espécie *Cistus crispus* apresenta uma taxa de compactação de 0,102 %, cerca de 0,0282 % superior à dos outros arbustos. A *Carlina corymbosa* tem uma taxa de compactação de 0,131%, superior à das herbáceas estudadas e a *Stipa gigantea* e outras herbáceas possuem baixa taxa de compactação de 0,040%. O aumento da altura do dossel dos arbustos diminui a taxa de compactação, tornando o combustível florestal mais sensível ao vento e ao declive e tendendo a aumentar a velocidade de espalhamento do fogo de superfície. O aumento da altura do dossel aumenta a intensidade de reacção do fogo se o valor da taxa de compactação do dossel for superior ao valor óptimo, e diminui-a se for inferior. Ambos, velocidade de espalhamento e intensidade de reacção afectam a altura da chama num fogo florestal (Burgan e Rothermel, 1984, Burgan, 1987). No caso dos arbustos estudados, o valor da taxa de compactação óptima é superior ao valor da taxa de compactação do seu dossel como se pode ver na Tabela 6. Assim o aumento da altura do dossel dos arbustos não vai influenciar fortemente a intensidade de reacção de um fogo na região estudada. A propagação do fogo vai dar-se mais lentamente porque não



atinge um valor crítico efectivo da taxa de compactação que favoreça a ignição, razão por que apresentam valores muito baixos na região (Kessell e outros, Burgan e Rothermel (1984)).

A intensidade Byram de uma frente de fogo é medida pela taxa de produção de calor e da velocidade do seu deslocamento. Espécies com alto poder calorífico inferior aumentam a magnitude da intensidade de energia libertada pelo fogo numa frente, mas em zonas de maior densidade de sub-coberto, o combustível arde lentamente porque simplesmente há mais partículas para arder e a sua velocidade de propagação diminui (Burgan, 1987).

**Tabela 5.** Taxa de compactação do combustível de superfície (adimensional) e de óptima compactação ( $1/ft$  – seguindo o modelo de Rothermel 1972), altura média (m) das diferentes espécies do sub-bosque, peso seco da planta de cada espécie por metro quadrado e densidade seca média ( $g/cm^3$ ) de cada espécie de todas as comunidades de arbustos e herbáceas que foram colectadas.

Arbustos	Compactação	Óptima Compactação	Altura média	Peso seco /m <sup>2</sup>	Densidade seca média
<i>Calicotome villosa</i>	0,00074	0,0010	1,91	1,22	0,81
<i>Tamarix africana</i>			3,48	2,31	0,88
<i>Ratama sphaerocarpa</i>			2,61	1,46	0,89
<i>Cistus ladanifer</i>	0,00085	0,0024	1,66	1,09	0,85
<i>Quercus coccifera</i>	0,00066	0,0015	1,72	1,02	0,91
<i>Cistus salvifolius</i>	0,00068	0,0030	0,56	0,44	0,70
<i>Cistus crispus</i>	0,00102	0,0023	0,27	0,45	0,60
<i>Rubus ulmifolius</i>	0,00076	0,0015	2,20	1,41	0,84
<b>Herbáceas</b>					
<i>Stipa gigantea e outras</i>	0,00040	0,0082	0,57	0,09	0,43
<i>Juncus acutus</i>	0,00073	0,0171	1,23	0,48	0,52
<i>Carlina corymbosa</i>	0,00131	0,0119	0,58	0,15	0,22

**Tabela 6.** Razão entre a compactação (COM) e a óptima compactação (OCOMP) para a espécies estudadas.

Arbustos	COM/OCOMP
<i>Calicotome villosa</i>	0,78
<i>Cistus ladanifer</i>	0,35
<i>Quercus coccifera</i>	0,43
<i>Cistus salvifolius</i>	0,22
<i>Cistus crispus</i>	0,45
<i>Rubus ulmifolius</i>	0,52
<b>Herbáceas</b>	
<i>Stipa gigantea and other</i>	0,05
<i>Juncus acutus</i>	0,04
<i>Carlina corymbosa</i>	0,11

### 4. CONCLUSÕES

Os autores não puderam, neste artigo inferir pormenorizadamente as características energéticas das espécies estudadas para avaliar detalhadamente as suas relações, encontrando-se em curso a continuação dessas pesquisas, mas os resultados preliminares obtidos mostram uma relação interessante na capacidade de propagação de fogos de algumas espécies na região estudada, que poderá vir a ser explorada para pesquisas de gestão e ordenamento do território alentejano.

### 5. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi suportada pelo projecto Altercexa e pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), e as análises apresentadas neste artigo foram feitas no laboratório de Pastagens e tecnologia de forragens da Universidade de Évora e no Centro de Investigación Agrícola de Extremadura, Agraria La Orden-Valdesequera, Guadajira, em Badajoz, Espanha.

### 6. BIBLIOGRAFIA

A. C. Caputo, M. Palumbo, P. M. Pelagagge, F. Scacchia (2005) *Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables*, Biomass and Bioenergy, Vol. 28, 35–51.

CEN/TS 14918 (2005) *Solid biofuels — method for the determination of calorific value*. European Committee for Standardization.

C. E. Van Wagner (1974) *Structure of the canadian forest fire weather index*, Department of the environment, Canadian Forestry Service, Publication No. 1333, Ottawa.

C. Telmo, J. Lousada. (2011) *Heating values of wood pellets from different species*, Biomass and bioenergy, Vol. 35, 2634-2639.

F. M.Fujioka, D. M. Fujii (1980) *Physical characteristics of selected fine fuels in Hawaii – some refinements on surface area-to-volume calculations*, United States Departement of Agriculture, Forest Service, Research Note PSW-348.

F. Shafizadeh (1981) *Basic principles of direct combustion*. In: Sofer SS, Zabrosky OR, editors, Biomass conversion process for energy and fuels, New York: Plenum Press, 103-112.

J.Ch. Valette (1988) *Documentos del seminario sobre métodos y equipos para la prevención de incendios forestales*, ICONA, Madrid.

L. Núñez-Regueira, J. A. Rodríguez-Añón, J. Proupín -Castiñeiras (2000) Design of risk index maps as a tool to prevent forest fires in the humid Atlantic zone of Galicia (NW Spain), *Thermochimica Acta*, Vol. 349, 103-119

K. W. Ragland, D. J. Aerts (1991) *Properties of Wood for Combustion Analysis*, Bioresource Technology, Vol. 37, 161-168.

R. Katakai, D. Konwer (2001) *Fuelwood characteristics of some indigenous woody species of north-east India*, Biomass and Bioenergy Vol. 20, 17-23.

- P.A.M. Fernandes (1991) *Caracterização do combustível florestal em ecossistemas de Pinus pinaster Ait.: Aplicação do Sistema Behave*, Relatório final de estágio, Licenciatura em Eng<sup>a</sup> Florestal, UTAD, Vila Real.
- R. C. Rothermel (1972) *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*, USDA Forest Service, Research Paper INT 115.
- R. C. Petura (1979) *Thermodynamic Data for Waste Incineration*, American Society of Mechanical Engineers, New York, 107-15.
- R. E. Burgan (1987) *Concepts and-interpreted examples in advanced fuel modeling*, Forest Service, General Technical Report INT-238.
- R. E. Burgan, R. C. Rothermel (1984) *BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system - fuel subsystem*, National Wildfire Coordinating Group, PMS 439-1, NFES 0275.
- S. R. Kessell, M. W. Potter, C. D. Bevins, L. Bradshaw, B W. Jeske, *Analysis and Application of Forest Fuels Data*, Environmental Management, Vol, 2, No. 4, 347-363
- T. Pinto-Correia, N. Ribeiro, P. Sa´-Sousa (2011) *Introducing the montado, the cork and holm oak agroforestry system of Southern Portugal*, Agroforest Syst. Vol. 82, 99–104.