

# PLANTAS E VEGETAÇÃO COMO COMBUSTÍVEIS





## **O que são os combustíveis vegetais?**

Os combustíveis vegetais são designados pelo papel que desempenham quando ardem num incêndio de vegetação.

Num contexto de ciência do fogo, os combustíveis são qualquer material vegetal combustível. Num contexto ecológico, são a totalidade da matéria orgânica vegetal viva e morta, ou fitobiomassa.

A quantidade de combustível presente num local que pode arder no incêndio mais intenso que possa ocorrer num determinado local é designada por combustível potencial. Por exemplo, num incêndio florestal, os troncos e os ramos mais grossos das árvores adultas são frequentemente demasiado espessos para arder.

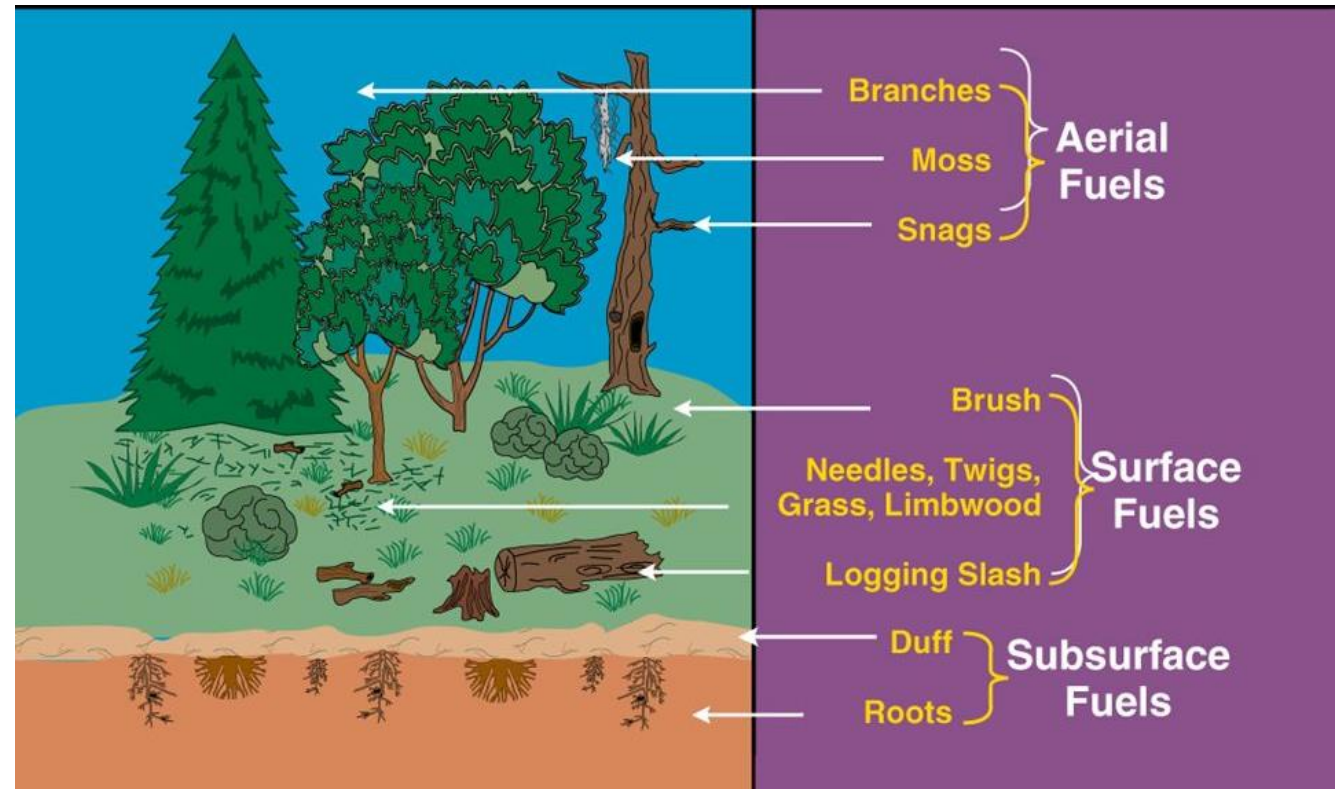
Os combustíveis são o factor ambiental mais importante na gestão dos incêndios porque, ao contrário do clima e da topografia, podemos modificá-los (e.g. silvicultura ao nível do povoamento, mosaicos de vegetação à escala da paisagem, compartimentação com faixas de gestão do combustível).

## Terminologia Básica

Um **complexo de combustível**: é o conjunto de tipos de biomassa para uma determinada área, uma associação de combustível de vários componentes do solo, de superfície e aéreos. É a escala mais grosseira de descrição dos combustíveis.

Um **leito de combustível, ou camada de combustível**, é um conjunto de combustíveis descrito pela sua carga, espessura/altura e dimensão das partículas.

A escala mais fina da descrição do leito de combustível é a **partícula de combustível**, que define um pedaço específico de combustível que faz parte de um leito de combustível. Por exemplo, uma partícula de combustível pode ser um pau intacto ou fragmentado, uma lâmina de erva, uma folha de arbusto ou uma agulha de pinheiro.



(Snag: Standing dead and dying trees)

## Terminologia básica

**Tipo de combustível:** Uma associação identificável de elementos de combustível de espécies vegetais distintas, com forma, tamanho, disposição ou outras características que causarão uma taxa previsível de propagação do fogo ou dificuldade de controlo em condições meteorológicas específicas.

**Leito de combustível:** Um conjunto de combustíveis descrito pela sua carga, profundidade e dimensão das partículas, normalmente utilizado para descrever a composição do combustível em ambientes naturais.

**Carga de combustível:** A quantidade de combustível presente num determinado momento e local, expressa quantitativamente em termos de peso de combustível por unidade de área (por exemplo, kg/m<sup>2</sup>, ou toneladas/ha).

**Complexo de combustível:** É uma associação de várias componentes de combustível; uma mistura de várias componentes ou estratos: solo, superficiais e aéreos.

## Terminologia básica

Os **combustíveis do solo** são toda a matéria orgânica abaixo da linha do solo: húmus, raízes e troncos podres. De um modo geral estão bastante compactados, parcialmente decompostos e com algum teor de humidade, pelo que podem sustentar uma combustão lenta durante dias (dificulta o rescaldo do incêndio e potencia a reativação do mesmo).

A folhada (*litter*) é considerada um combustível de superfície, enquanto os detritos em decomposição (*duff*) são um combustível do solo.

Os **combustíveis de superfície** são toda a biomassa até 2 m acima da superfície do solo: vegetação herbácea, arbustiva, resíduos de exploração, e manta morta (folhas, ramos, cascas) pouco decomposta e pouco compactada. Estes combustíveis são muito importantes para a propagação dos incêndios.





## Terminologia básica

Os **combustíveis de copa** são a biomassa acima da camada de combustível de superfície. São definidos como toda a biomassa (por exemplo, arbustos, musgos, líquenes, videiras, material morto e árvores) que se encontra a mais de 2 m acima da superfície do solo. O termo combustível aéreo é também utilizado para descrever o combustível de copa.

De forma geral o que é consumido pelo fogo são as folhas (vivas e mortas) e os ramos finos mortos existentes nas copas das árvores, os quais podem ser consumidos de forma isolada, ou dar origem a um fogo de copas.

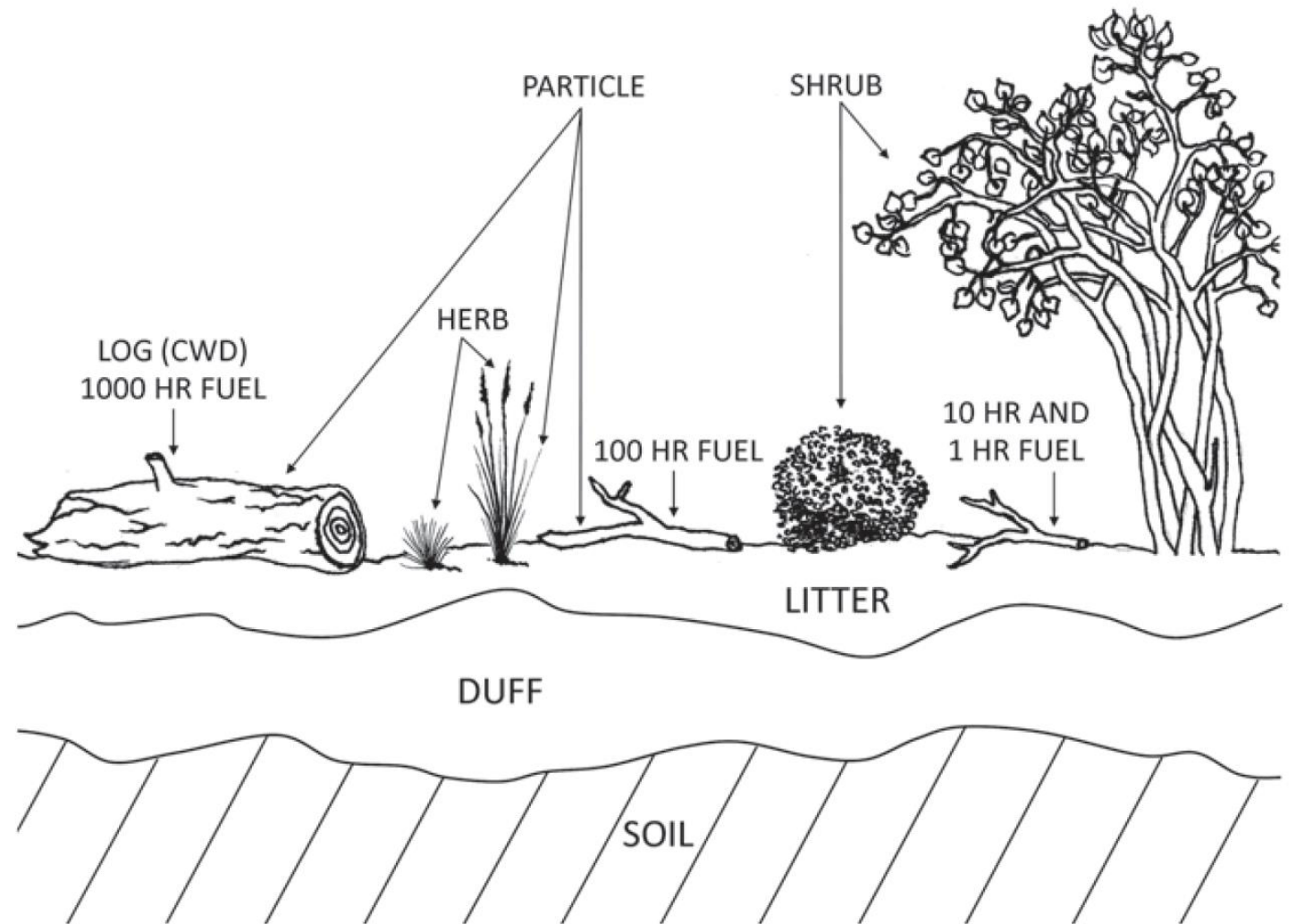
Os combustíveis herbáceos estão até 100% disponíveis para a combustão; os arbustos entre 5% e 95% (dependendo da espécie); os resíduos de exploração de 10% a 70%; e os povoamentos de árvores de 5% a 25%.



## Terminologia básica

As camadas de combustível são compostas por elementos de escala mais fina denominados partículas de combustível: um galho intacto ou fragmentado, uma lâmina de erva, uma folha de arbusto ou uma agulha de pinheiro.

Os tipos de combustível são ainda subdivididos em **classes de tamanho**.



## Humidade dos combustíveis

Estado do combustível:

- teor de humidade
- dinâmica
- fenologia
- vivo vs. Morto

O teor de humidade é uma das propriedades mais importantes dos combustíveis, por condicionar a sua inflamabilidade e combustibilidade.

Quando a humidade desce abaixo dos 6 -7% a velocidade de propagação da frente de chamas é superior ao normal, ocorre fogo de copas e a propagação do fogo também é feita através da projeção de partículas incandescentes a curta e média distância.

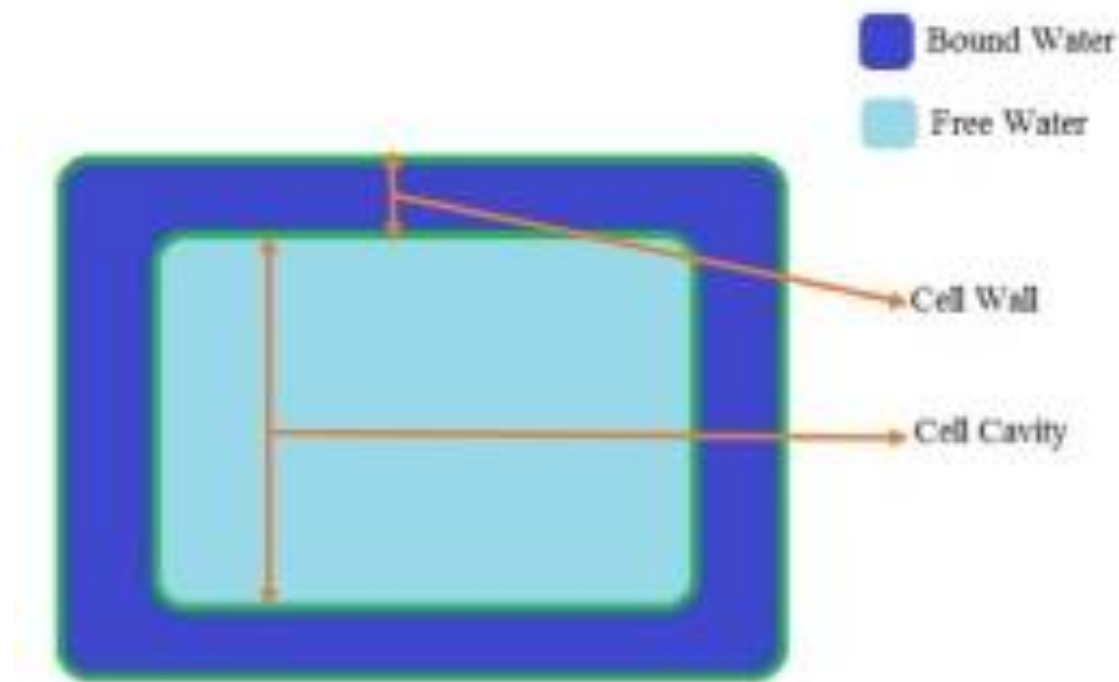


## Humidade dos combustíveis mortos

A água, ou humidade, existe nos combustíveis lenhosos mortos sob duas formas: água ligada e água livre.

A água ligada está ligada às paredes celulares por ligações químicas (ligação H, *H-bond*). É mantida dentro das paredes celulares por forças de ligação entre a água e as moléculas de celulose e hemicelulose.

A água livre não está quimicamente ligada à parede celular e está contida nas cavidades celulares (lúmen). É comparável à água num tubo.

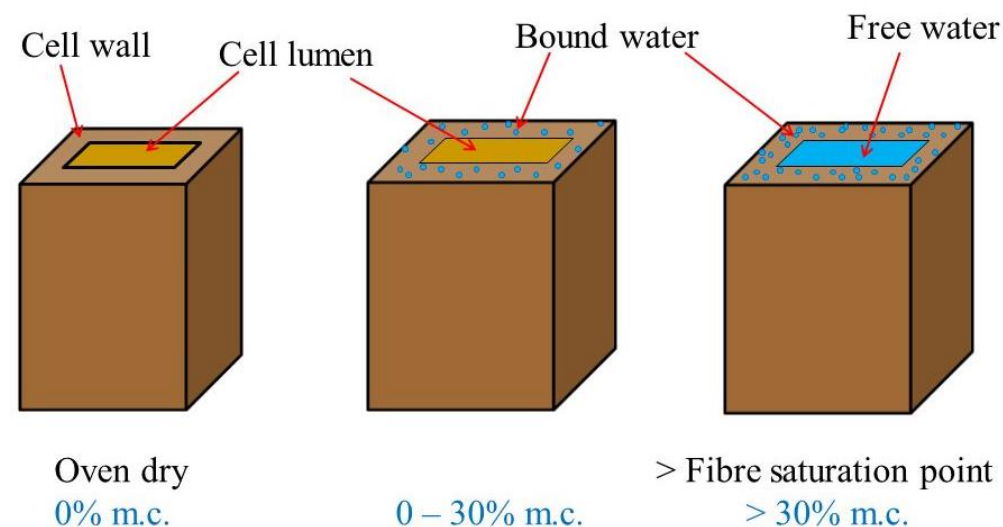


## Humidade do combustíveis mortos

O teor de humidade (TH) no qual a parede celular está saturada de água e não existe água livre no lúmen celular é designado por ponto de saturação da fibra (PSF; *Fiber Saturation Point* - FSP).

O PSF varia ligeiramente entre espécies, com uma média de cerca de 30% de humidade.

Abaixo de 30% de teor de humidade, toda a água no combustível morto é água ligada. Só quando o teor de humidade do combustível ultrapassa os 30% é que existe água livre.





## Humidade do combustíveis mortos

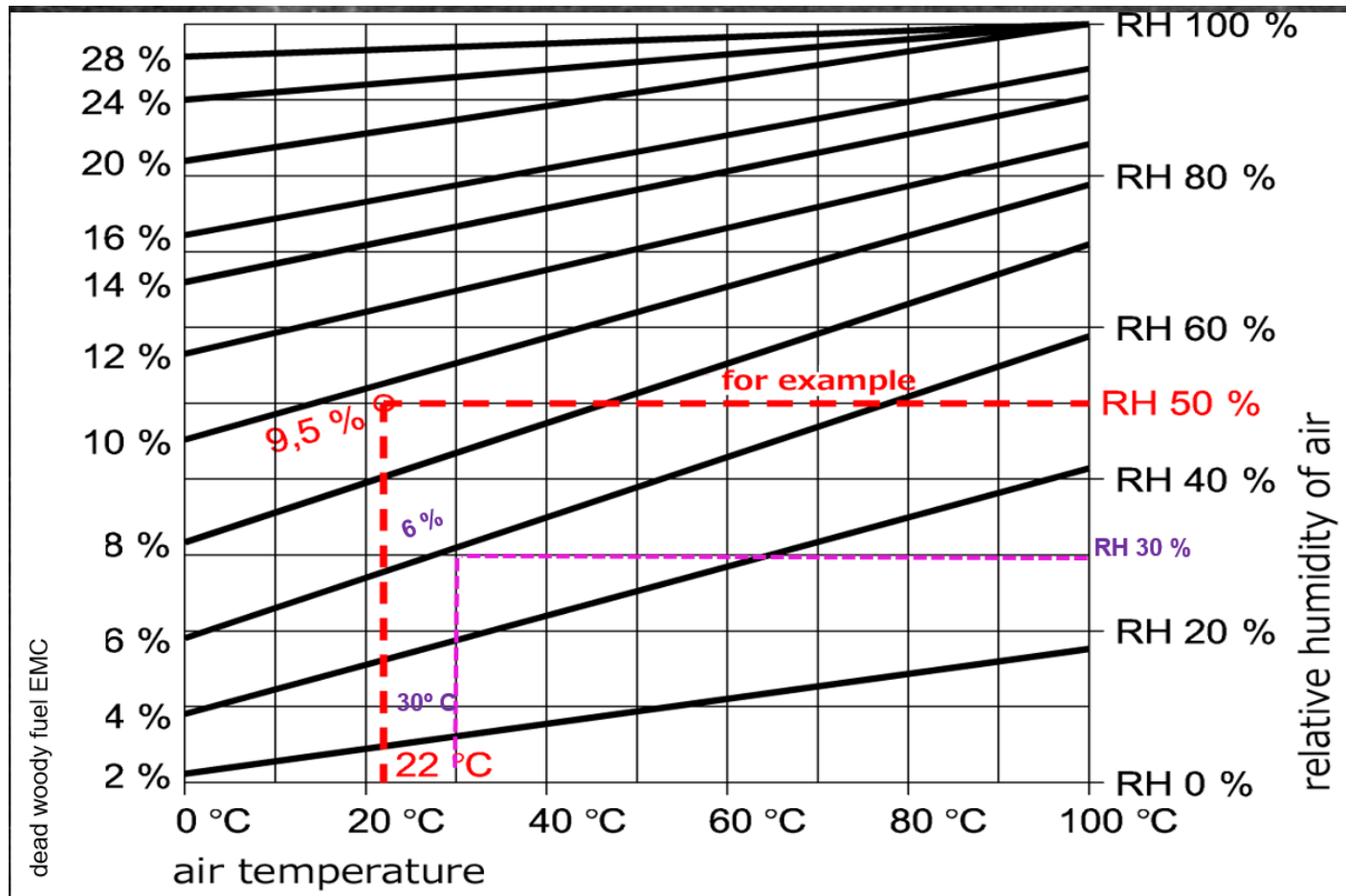
Quando um combustível lenhoso morto e húmido seca, perde primeiro toda a água livre presente e só depois começa a perder a água ligada.

O teor de humidade de equilíbrio (THE; *Equilibrium moisture content* - EMC) é o nível de humidade em que a madeira não ganha nem perde humidade, uma vez que está em equilíbrio com a humidade relativa e a temperatura do ambiente circundante ambiente circundante.

Uma vez que é necessária menos energia para remover a água livre da madeira, a fase inicial de secagem será rápida, mas a secagem abranda abaixo do PSF devido à maior energia necessária para quebrar as ligações H.

Exemplo: Considere-se uma partícula de combustível morto com 35% de teor de humidade. Para uma humidade relativa de 60%, o seu THE será de 11,5%. Assim, à medida que seca, primeiro perderá 5% de água livre (TH - PSF), e depois perderá 18,5% de água ligada, para uma perda total de 23,5% ( $35\% - 11,5\% = \text{TH} - \text{THE}$ ).

## Humidade do combustíveis mortos



Num dia quente (30°C) e seco (30% TH), o THE do combustível morto terá um valor muito baixo de 6%.

Um combustível tão seco requer pouca energia para se inflamar, gerando um elevado perigo de incêndio.



## **Intervalo de tempo de troca (*exchange timelag*) de humidade dos combustíveis mortos**

A TH do combustível morto varia constantemente. O combustível pode ganhar humidade a partir da água líquida ou do vapor de água, enquanto a secagem envolve apenas a evaporação da partícula de combustível para o ambiente.

A TH do combustível morto depende das variáveis meteorológicas:

- Precipitação
- Vento
- Temperatura do ar
- Humidade relativa do ar (HR)

Os combustíveis dispostos verticalmente absorvem água principalmente enquanto a sua superfície está molhada. Por conseguinte, o seu teor de TH depende mais da duração do que da quantidade total de precipitação, dado que a maior parte da qual desliza pelo combustível até ao solo.

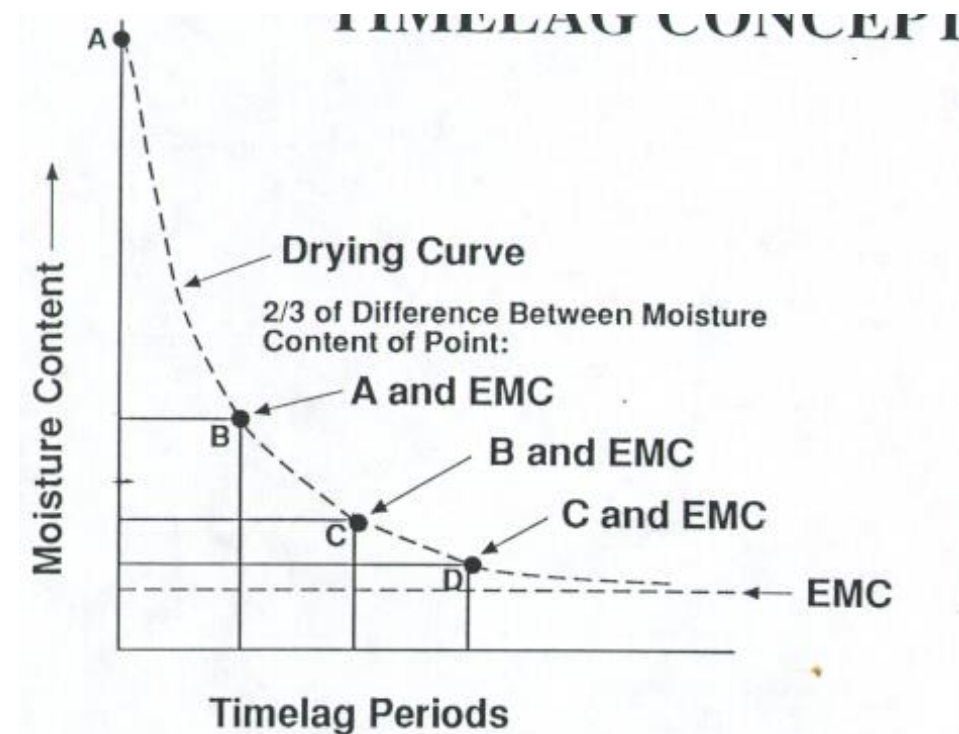
Nos combustíveis dispostos horizontalmente, a TH depende da quantidade de precipitação, porque o solo retém a água que continua a ser transferida para o combustível depois de a chuva parar.

## Intervalo de tempo de troca (*exchange timelag*) de humidade dos combustíveis mortos

Os combustíveis mortos são classificados em função do tempo que demoram a responder às variações da humidade relativa do ar (HR).

O tempo de secagem do combustível (*timelag*, em horas) é o tempo necessário para que um combustível morto perca 63%, ou aproximadamente 2/3 da diferença entre o seu TH inicial e a THE, sob valores experimentais de referência constantes de  $T_{ar} = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $HR = 20\%$ .

A taxa de secagem inicial mais rápida corresponde à remoção mais fácil de água livre, seguida demais lenta associada à remoção da água ligada.





## Intervalo de tempo de troca (*exchange timelag*) de humidade dos combustíveis mortos

O *timelag* depende principalmente do razão S/V das partículas de combustível, que pode ser estimado a partir do diâmetro das partículas dos combustíveis lenhosos mortos.

Os combustíveis finos têm períodos de *timelag* de algumas horas (ou seja, secam e humedecem rapidamente em resposta a alterações na HR do ar), enquanto os combustíveis muito grosseiros podem ter *timelag* superiores a um mês (ou seja, demoram muito tempo a responder a alterações na HR do ar).

A tabela abaixo também mostra períodos de *timelag* para combustíveis de solo, que são uma função da profundidade/altura da camada.

Relação entre *timelag* e o diâmetro das partículas de combustível morto e a profundidade do combustível.

timelag (hours)	diâmetro (cm)	profundidade (cm)	exemplos
1	< 0.6	superficial	Litter, needles, fine twigs
10	0.6 – 2.5	< 1.5	Thicker twigs, branches, bark
100	2.5 – 7.5	1.5 - 10	Thick branches
1000	> 7.5	> 10	Thick branches, tree trunks

## Propriedades dos combustíveis de superfície

### PROPRIEDADES DAS PARTÍCULAS

#### Diâmetro da partícula (d)

É um parâmetro de combustível crítico para a modelação do comportamento do fogo. A carga de combustível é estratificada em classes de diâmetro de partículas, que desempenham papéis distintos nos processos de combustão e propagação do fogo.

Por uma questão de simplicidade, assume-se que as partículas de combustível têm formas geométricas simples, como cilindros para ramos e agulhas, e placas finas para folhas largas.

O diâmetro das partículas é dividido em quatro classes de tamanho:  $< 0,6$  cm,  $0,6 - 2,5$  cm,  $2,5 - 7,5$  cm e  $> 7,5$  cm.

## Propriedades dos combustíveis de superfície

### PROPRIEDADES DAS PARTÍCULAS

#### Razão superfície/volume (RSV)

É definida como a área da superfície de uma partícula ( $m^2$ ) dividida pelo volume dessa partícula ( $m^3$ ) e, portanto, tem unidades de  $m$ . É frequentemente estimada indiretamente a partir do diâmetro da partícula ( $d$ ), utilizando as equações:

$RSV = 4/d$  , para objectos aproximadamente cilíndricos, e

$RSV = 2/t$  , para objectos aproximados como placas finas, onde  $t$  é a espessura da placa.

Partículas grossas, como troncos, têm baixo valor de RSV, enquanto partículas finas, como lâminas de grama ou agulhas de pinheiro, têm alto valor de RSV.



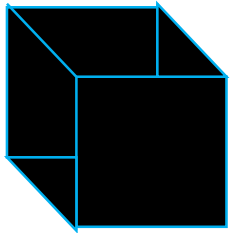
## Propriedades dos combustíveis de superfície

PROPRIEDADES DAS PARTÍCULAS: Razão superfície/volume (RSV)



1 m

$$\frac{S}{V} = \frac{6 * 1m^2}{1^3m^3} = 6m^{-1}$$



2 m

$$\frac{S}{V} = \frac{6 * 4m^2}{2^3m^3} = \frac{24m^2}{8m^3} = 3m^{-1}$$

Estes dois objectos têm exatamente a mesma forma, mas o aumento de tamanho reduz a relação superfície/volume. Assim, o objecto maior tem uma área de superfície menor por unidade de volume através da qual pode trocar massa (por exemplo, água) e energia (por exemplo, calor radiante) com o seu ambiente. Assim, demorará mais tempo a humedecer/secar e a aquecer/arrefecer do que o objecto mais pequeno.

Evidentemente, o mesmo princípio aplica-se a partículas de combustível de diferentes formas, como galhos e folhas.

# Propriedades dos combustíveis de superfície

## PROPRIEDADES DAS PARTÍCULAS

### Razão superfície/volume

#### BOX 3.1. THE SURFACE AREA TO VOLUME RATIO

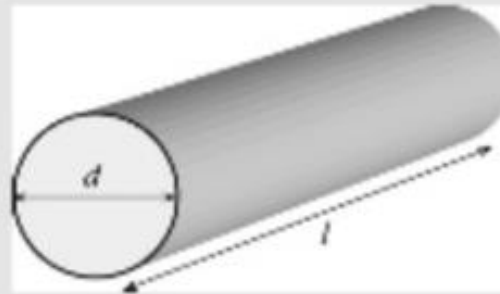
This ratio is calculated by dividing the surface area of a fuel particle by its volume:

$$SV = \frac{\pi dl}{\pi(d/2)^2 l}$$

If you ignore the ends, the equation is simplified to dividing 4 by the diameter of the particle:

$$SV = \frac{4}{d}$$

The ratio is increased if you split the fuels into smaller parts. For example, take a log with a diameter of 6:



if  $d = 6$ ,  
 $SV = 0.67$ .

When split into 7 pieces, the ratio increases from 0.67 to 14:



if  $d = 2$ ,  
 $SV = 2$   
and  
 $7 \times 2 = 14$ .

## Propriedades dos combustíveis de superfície

### PROPRIEDADES DA CAMADA OU LEITO DE COMBUSTÍVEIS

#### Carga de combustível

A carga é a massa de peso seco do leito de combustível por unidade de área. É indicada em peso seco para eliminar o efeito do teor variável de humidade do combustível, que pode variar substancialmente ao longo de uma época de incêndios. É mais comumente medida em  $\text{kg/m}^2$ .

A carga de combustível é uma propriedade essencial do combustível porque é amplamente utilizada na gestão de incêndios. É proporcional à energia libertada e à intensidade da frente de chamas. Mas, mais importante do que a carga “global” de combustíveis, é o modo como essa carga está distribuída pela dimensão dos combustíveis (principalmente no que diz respeito à carga de combustíveis finos ( $<6\text{mm}$ ), pela sua importância na sustentação da propagação).

A carga é também utilizada para estimar as emissões de fumo, que afectam directamente a saúde humana e o clima global.

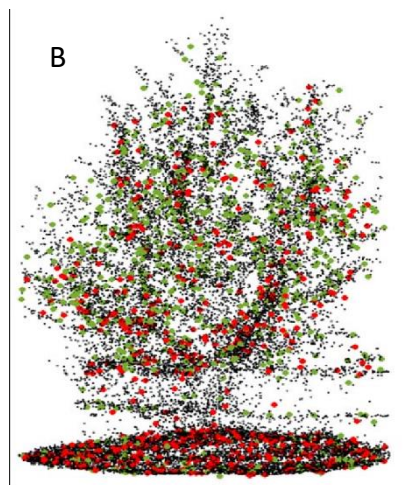
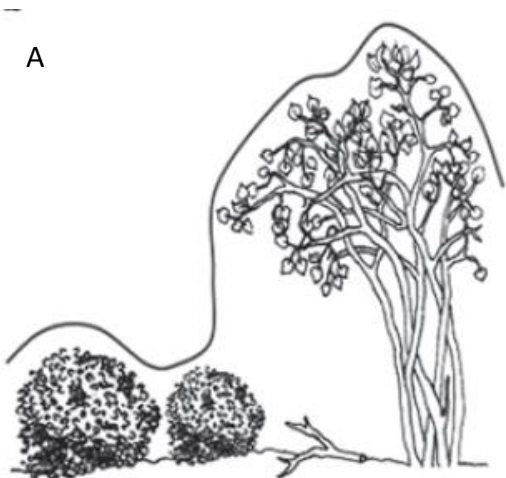
# Propriedades dos combustíveis de superfície

## PROPRIEDADES DA CAMADA OU LEITO DE COMBUSTÍVEIS

### Profundidade da camada de combustível

A altura do leito, ou profundidade, é a medida vertical que um determinado estrato apresenta, tendo por base de referência o solo e a medida na vertical até ao cimo da vegetação. Qualquer combustível quando arde produz um comprimento de chama no mínimo duas ou quatro vezes maior que o da sua altura o que dá uma ideia prévia da intensidade das chamas potencial.

Tradicionalmente, é calculada imaginando um lençol virtual colocado sobre o topo da camada superficial de combustível e estimando visualmente a altura média desse lençol (A).



A tecnologia LiDAR permite uma estimativa muito mais exacta da estrutura da camada de combustível (B).



## Propriedades dos combustíveis de superfície

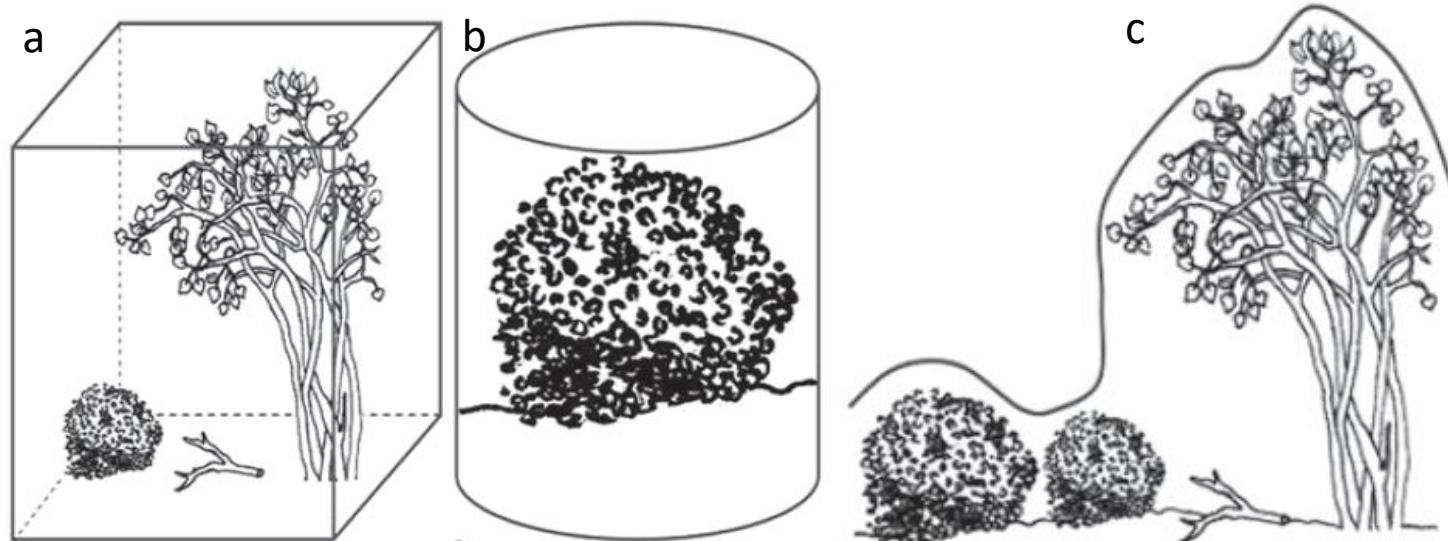
### PROPRIEDADES DA CAMADA OU LEITO DE COMBUSTÍVEIS

#### Densidade aparente

A densidade aparente de um componente de combustível é a massa do material do componente de combustível dividida pelo volume de espaço que ocupa ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

O cálculo do volume do leito de combustível pode ser efectuado de diferentes formas, como se mostra na figura.

- a) O volume é calculado a partir de uma estimativa da profundidade na área da unidade de leito de combustível;
- b) O volume é calculado para a planta ou partícula individual;
- c) O volume é calculado como uma profundidade média integrada do leito de combustível.



## Propriedades dos combustíveis de superfície

### PROPRIEDADES DA CAMADA OU LEITO OU LEITO DE COMBUSTÍVEIS

#### Densidade aparente

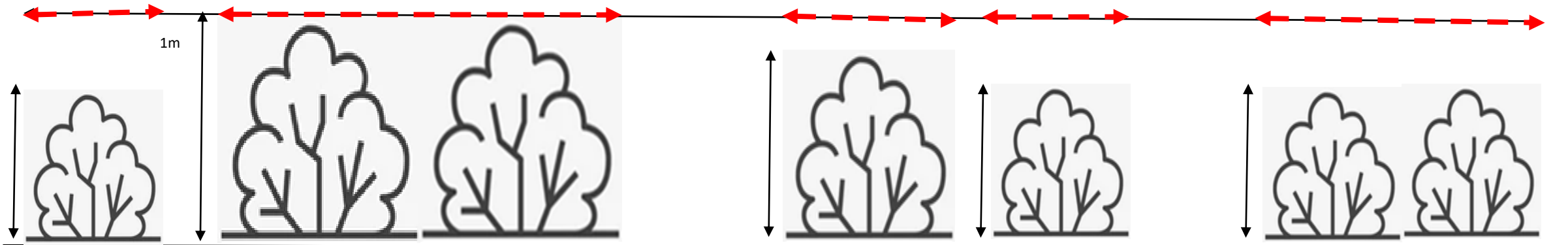
densidade aparente (kg/m<sup>3</sup>) \* coberto vegetal (%) \* altura média (m) = carga de combustível (kg/m<sup>2</sup>)

% de coberto arbustivo = 75%

altura média dos arbustos = 0,62 m

Assumindo que a densidade aparente = 2 kg/m<sup>3</sup> então:

carga de combustível = 0,75 \* 0,62 m \* 2 kg/m<sup>3</sup> = 0,93 kg/m<sup>2</sup> = 9,3 t/ha



# Propriedades dos combustíveis de superfície

Densidades aparentes (kg/m3) para algumas espécies e géneros de arbustos portugueses.

Espécie	Nome Vulgar	Média 1*	Média 2*	Mediana	Desvio Padrão
<i>Phillyrea latifolia</i> L. ou <i>Rhamnus alaternus</i> L.	Adernos <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Alecrim <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Aroeira ou Lentisco-verdadeiro <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Ilex aquifolium</i> L.	Azevinho <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Pterospartum tridentatum</i> (L.)	Carqueja <sup>2</sup>	3,488	3,488	3,775	0,685
<i>Quercus coccifera</i> L.	Carrasco <sup>3</sup>	1,305	1,622	1,416	0,830
<i>Quercus lusitanica</i> Lam.	Carvalhica <sup>3</sup>	1,305	1,622	1,416	0,830
<i>Pyrus</i> spp.	Catapereiro <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Adenocarpus</i> spp.	Codeço <sup>4</sup>	1,929	3,124	2,500	3,685
<i>Cistus ladanifer</i> L.	Esteva <sup>5</sup>	1,208	1,208	1,011	0,584
<i>Cytisus</i> spp., <i>Genista</i> spp. ou <i>Spartium</i> spp.	Giestas <sup>4</sup>	1,929	3,124	2,500	3,685
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Gilbardeira <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Léntisco-bastardo <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Arbutus unedo</i>	Medronheiro <sup>6</sup>	1,476	1,476	1,430	0,777
<i>Lavandula</i> spp.	Rosmaninho <sup>7</sup>	1,593	1,593	1,550	0,596
<i>Cistus salvifolius</i> L.	Sargaço <sup>8</sup>	1,888	2,127	1,838	0,545
<i>Rubus</i> spp.	Silvas <sup>9</sup>	0,930	0,930	0,930	0,930
<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) W. Greuter	Tágueda <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Ulex</i> spp.	Tojos <sup>10</sup>	3,666	4,244	4,305	2,482
<i>Thymus vulgaris</i> L.	Tomilho ou Arçã <sup>7</sup>	1,593	1,593	1,550	0,596
<i>Daphne gnidium</i> L.	Trovisco <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-
<i>Erica</i> spp. ou <i>Calluna</i> spp.	Urzes <sup>11</sup>	1,947	2,063	1,775	1,111
<i>Juniperus</i> spp.	Zimbros <sup>1</sup>	1,943	2,188	-	-

\* As médias 1 e 2 referem-se a valores médios calculados com e sem outliers, respetivamente.

Silva, T.P., Pereira, J.M.C., Paúl, J.C., Santos, M.T.N., & Vasconcelos, M.J.P. (2006). Estimativa de emissões atmosféricas originadas por fogos rurais em Portugal. *Silva Lusitana*, 14(2), 239-263.

## Propriedades dos combustíveis de superfície

### PROPRIEDADES DA CAMADA OU LEITO OU LEITO DE COMBUSTÍVEIS

#### Razão de compactação

A razão de compactação é um índice da compactação do leito de combustível. É dado pela razão adimensional:

$RC = d_{\text{camada}} / d_{\text{partícula}}$  , onde

$d_{\text{camada}}$  = densidade aparente da camada de combustível ( $\text{kg/m}^3$ ), e

$d_{\text{partícula}}$  = densidade aparente das partículas ( $\text{kg/m}^3$ )

A RC representa o efeito da compressão da camada de combustível na combustão através da fracção do volume da camada de combustível ocupada pelo combustível.



## Propriedades dos combustíveis de superfície

### PROPRIEDADES DA CAMADA OU LEITO OU LEITO DE COMBUSTÍVEIS

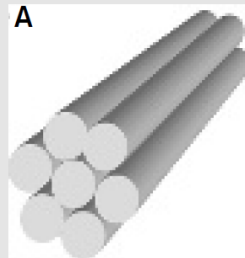
#### Compactação/porosidade

Uma razão de compactação elevada é desfavorável para a combustão devido à fraca oxigenação do combustível.

Uma razão de compactação baixa (leito muito poroso) também é desfavorável, porque se perde demasiado calor na transmissão entre partículas de combustível muito espaçadas.

A eficiência da combustão é óptima em níveis intermédios da razão de compactação.

BOX 3.2. THE PACKING RATIO



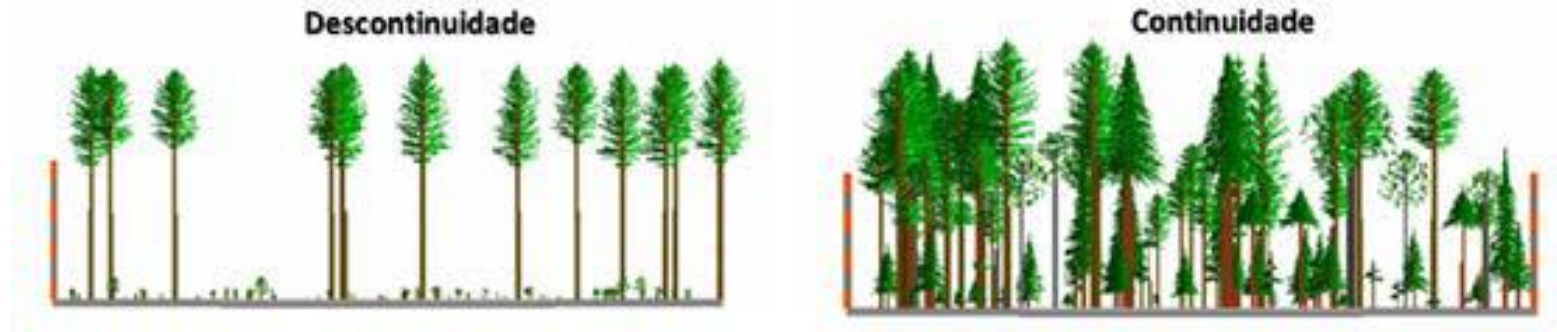
*The packing ratio is the proportion of fuel in a unit volume of fuelbed. The same amount of fuel can be packed (A) tightly with only 10% air or (B) loosely with 90% air.*

# Propriedades dos combustíveis de superfície

## PROPRIEDADES DA CAMADA OU LEITO OU LEITO DE COMBUSTÍVEIS

### Continuidade

Na continuidade do leito deve considerar-se a dimensão horizontal e a dimensão vertical (arranjo espacial dos combustíveis). A continuidade horizontal é determinante para a progressão das chamas num estrato combustível e a continuidade vertical pode condicionar ou não a passagem de um incêndio de superfície a um incêndio de copas.



## Propriedades dos combustíveis da copa

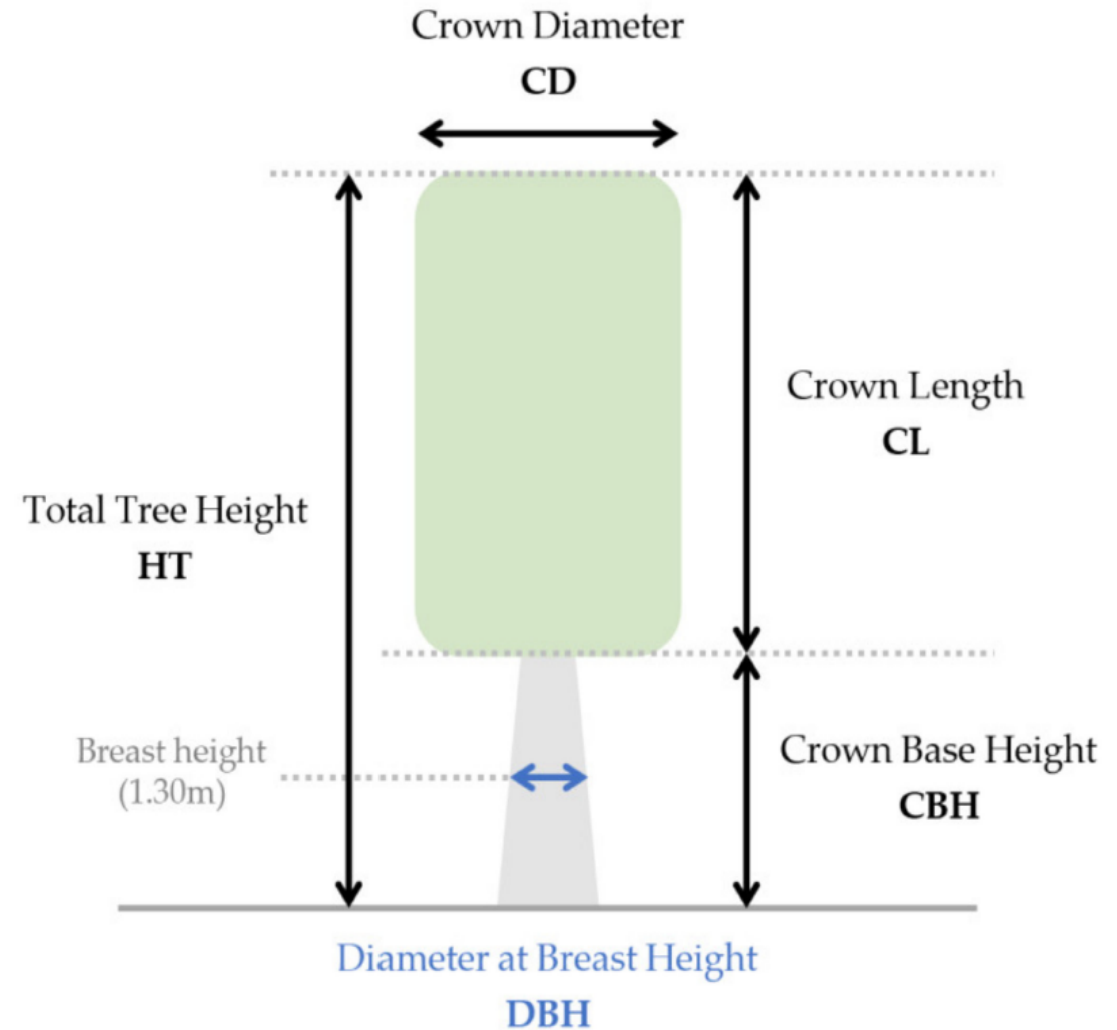
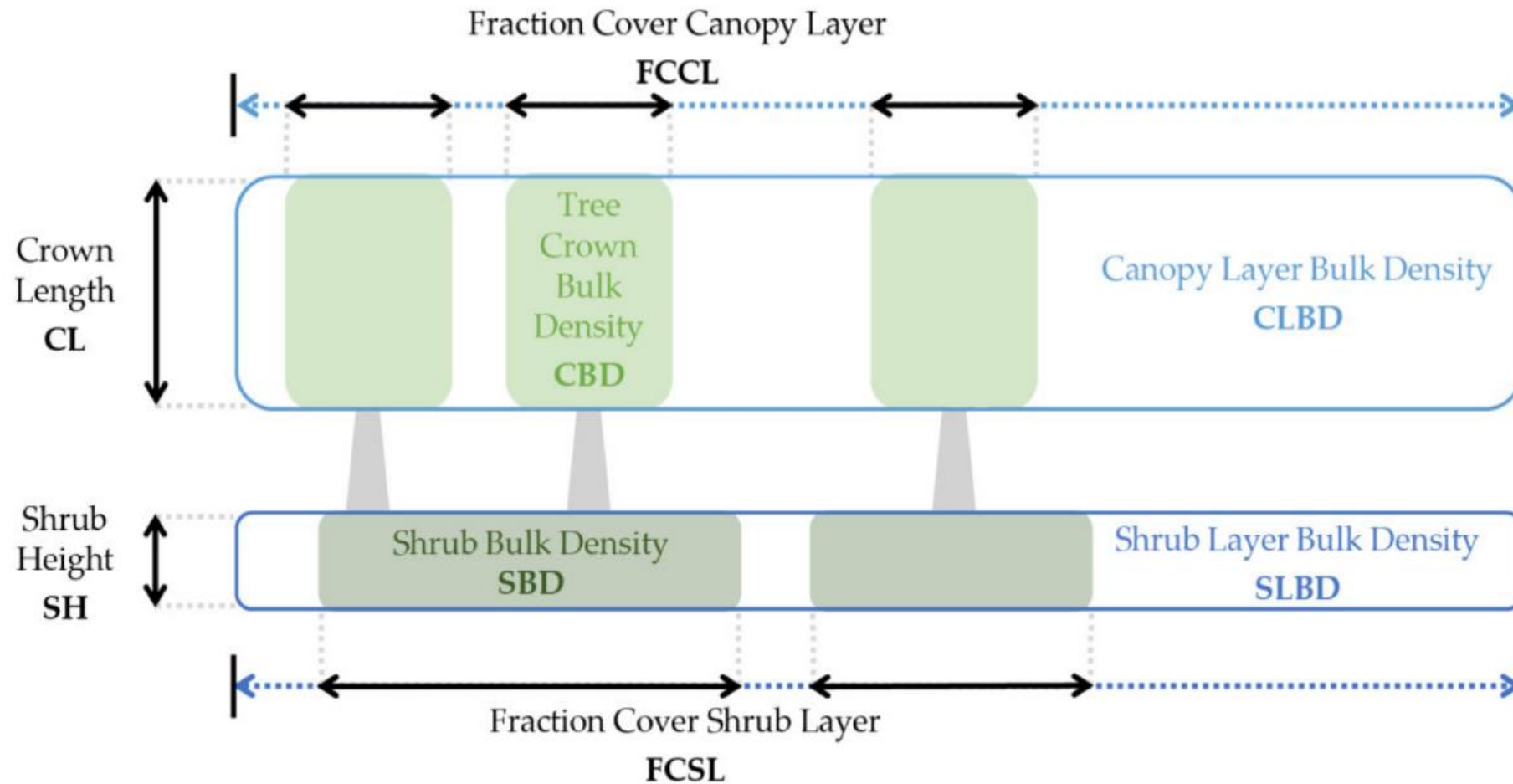


Figure 3. Schematic representation of the geometry of a tree, showing the variables associated.

Nunes, L et al. (2022) Bulk Density of Shrub Types and Tree Crowns to Use with Forest Inventories in the Iberian Peninsula. *Forests* 13, 555.

## Propriedades do combustíveis da copa/copado



**Figure 1.** Schematic representation of a two-layer forest, including a tree canopy layer with height or length (CL) and a shrub layer with height (SH).

Nunes, L et al. (2022) Bulk Density of Shrub Types and Tree Crowns to Use with Forest Inventories in the Iberian Peninsula. *Forests* 13, 555.



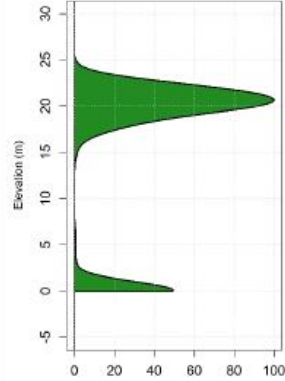
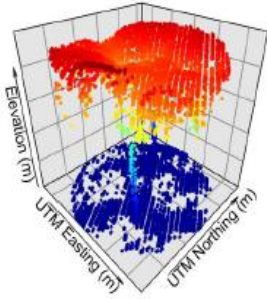
# Propriedades do combustíveis da copa/copado

Species/Group	Sample Size		DBH	HT	NHA	G	CBD	CLBD
	Portugal	Spain	(cm)	(m)	(Trees ha <sup>-1</sup> )	(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	(kg m <sup>-3</sup> )	(kg m <sup>-3</sup> )
<i>Pinus pinaster</i>	1423	7369	19.2 (10.1)	11.1 (4.2)	739 (806)	18.2 (13.3)	0.191 (0.072)	0.073 (0.060)
<i>Pinus pinea</i>	165	2152	22.2 (11.8)	8.3 (2.9)	406 (460)	11.9 (8.7)	0.195 (0.065)	0.070 (0.050)
<i>Pinus halepensis</i>	8	9264	18.5 (7.3)	7.8 (2.5)	422 (420)	9.5 (7.6)	0.073 (0.019)	0.026 (0.019)
<i>Pinus sylvestris</i>	14	6053	18.5 (7.7)	10.2 (3.6)	909 (796)	22.5 (14.2)	0.115 (0.038)	0.075 (0.039)
Other conifers	22	6312	19.4 (9.7)	10.2 (5.1)	744 (686)	18.6 (13.8)	0.048 (0.016)	0.023 (0.014)
<i>Eucalyptus globulus</i>	1059	2816	13.3 (6.8)	14.3 (4.9)	881 (964)	12.9 (11.3)	0.217 (0.101)	0.073 (0.080)
<i>Quercus suber</i>	1051	2927	24.6 (16.2)	6.5 (2.7)	244 (461)	7.1 (7.2)	0.039 (0.086)	0.011 (0.063)
<i>Quercus ilex</i> s.l.	828	10,768	25.9 (17.2)	6.3 (1.7)	356 (555)	6.7 (6.0)	0.082 (0.018)	0.027 (0.023)
<i>Quercus pyrenaica</i>	144	3201	17.6 (12.5)	8.7 (2.9)	686 (720)	11.3 (9.9)	0.010 (0.003)	0.005 (0.004)
Other oaks	58	3431	20.4 (15.9)	8.9 (4.1)	584 (669)	11.8 (10.5)	0.059 (0.021)	0.029 (0.021)
<i>Castanea sativa</i>	36	758	28.4 (25.9)	11.0 (3.4)	689 (923)	20.7 (17.4)	0.035 (0.039)	0.019 (0.020)
Other broadleaves	67	2499	27.2 (15.9)	15.1 (5.4)	584 (606)	23.1 (13.0)	0.022 (0.008)	0.017 (0.008)

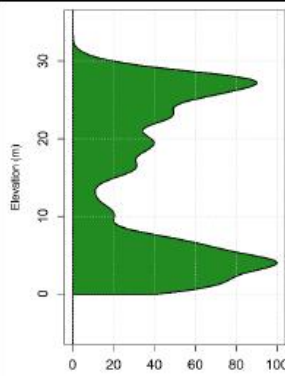
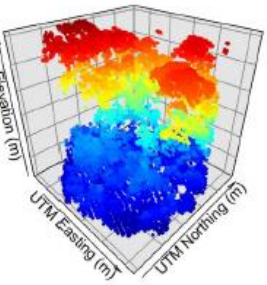
Espécies arbóreas ou grupos de espécies utilizados para a estimativa da densidade aparente da copa (CBD, em kg/m3) e da densidade aparente do copado (CLBP, em kg/m3), com indicação da dimensão da amostra e das variáveis do povoamento na Península Ibérica (valores médios e desvio padrão entre parêntesis). DAP = diâmetro da árvore à altura do peito; G = área basal do povoamento.

## Deteção remota de combustíveis por LiDAR

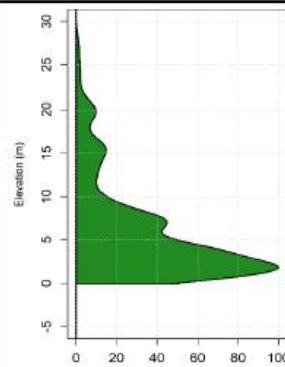
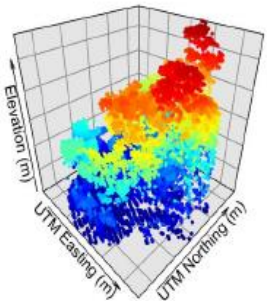
F



M



V

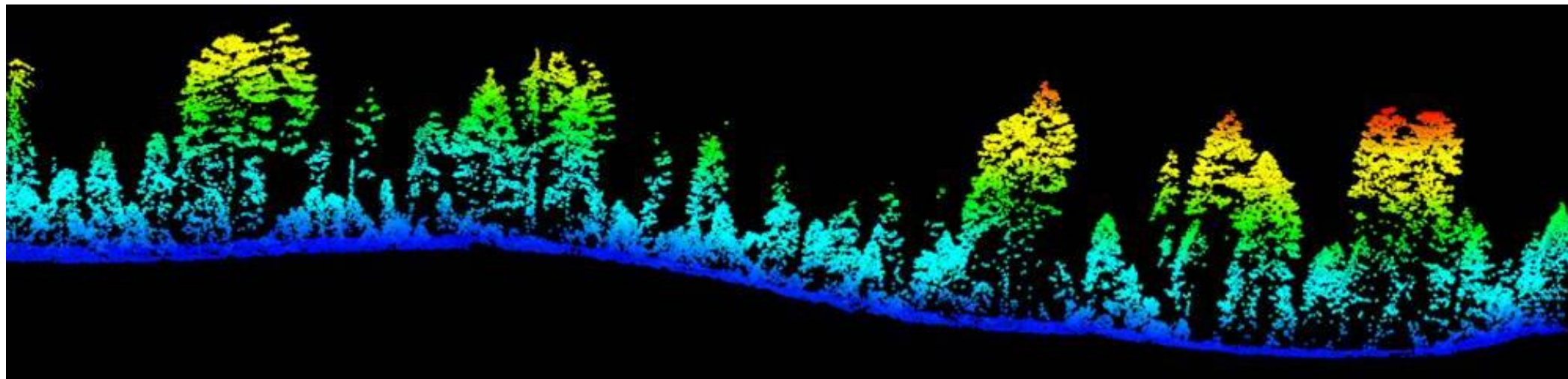


Três grupos principais de combustíveis do modelo de combustível em Portugal, associados às suas nuvens de pontos LiDAR extraídas e à distribuição da altura das nuvens de pontos.

Mihajlovski, B., P. Fernandes, J.M.C. Pereira, and J. Guerra-Hernandez (2023). Comparing Fuel Classification in Portugal by Using the National Classification System, Discrete ALS Data and Multi-source Remote Sensing Data. *Fire*



## Deteção remota de combustíveis por Lidar



## Classificação dos combustíveis e modelos de combustíveis

Os combustíveis são descritos pelas suas propriedades termofísicas e termoquímicas de acordo com uma hierarquia de níveis de organização:



Mosaico



Complexo



Camada ou leito



Partícula



## **Classificação dos combustíveis e modelos de combustíveis**

A descrição quantitativa da vegetação, considerando o seu tipo, estrutura e estado, com o objetivo de estimar o potencial comportamento do fogo, baseia-se em modelos de combustível.

Um modelo de combustível é uma descrição simplificada da vegetação destinada a ser utilizada num modelo matemático do comportamento do fogo; é um conjunto de valores que descrevem o combustível em cada modelo.

P. Fernandes (UTAD) desenvolveu 18 modelos de combustíveis para descrever os quatro principais grupos estruturais de combustível presentes em Portugal:

Folhada – 4

Folhada / outra vegetação de sub-bosque – 7

Matos e sub-bosque arbustivo – 5

Vegetação herbácea – 2

## **Classificação dos combustíveis e modelos de combustíveis**

A classificação dos combustíveis implica três tarefas:

Caracterização: identificação dos principais parâmetros físicos e químicos para descrever as partículas de combustível, os leitos de combustível e os complexos de combustível.

Inventário: medição ou amostragem dos parâmetros de caracterização.

Avaliação: estimativa da probabilidade de ignição e do comportamento potencial do fogo do combustível inventariado. A avaliação pode ser fortemente quantitativa, com base em modelos matemáticos e dados meteorológicos, ou qualitativa, com base na opinião de peritos. A avaliação do combustível requer a especificação das condições meteorológicas e da inclinação do terreno.