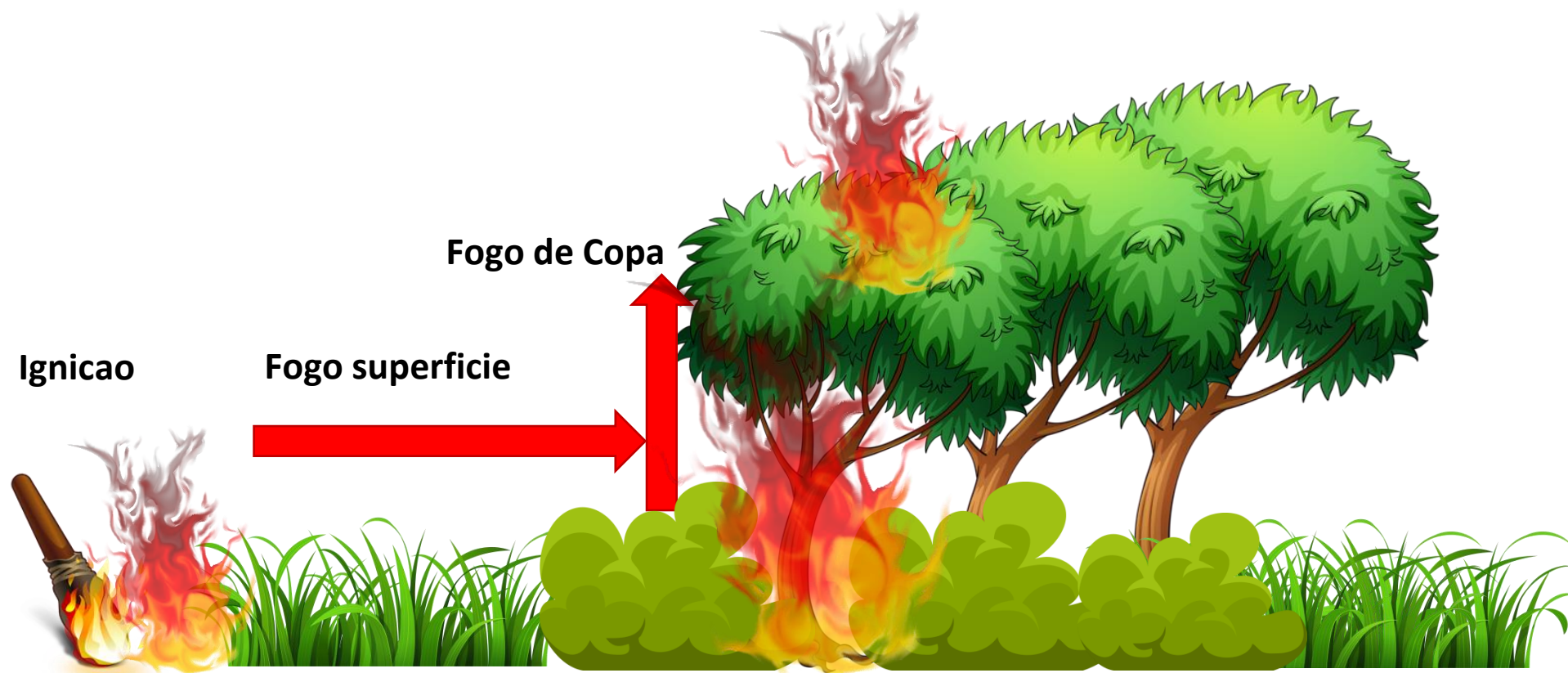




Fire Behavior - Comportamento do Fogo

■ Conceitos

Comportamento do fogo



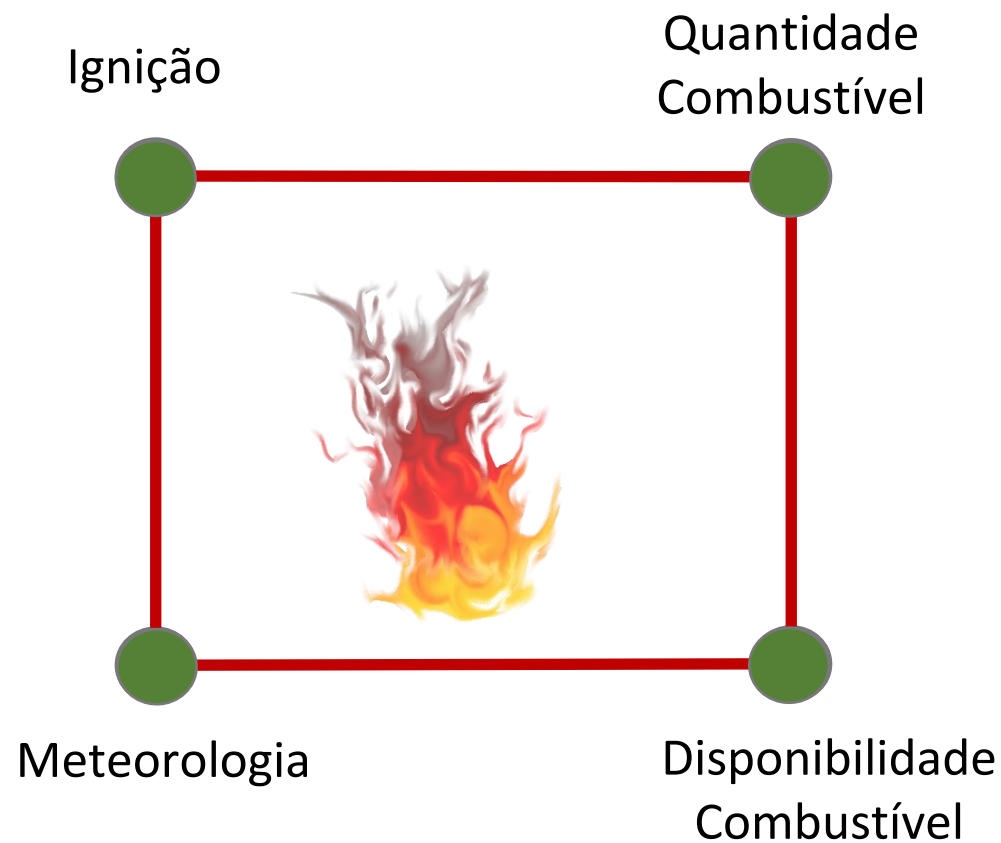
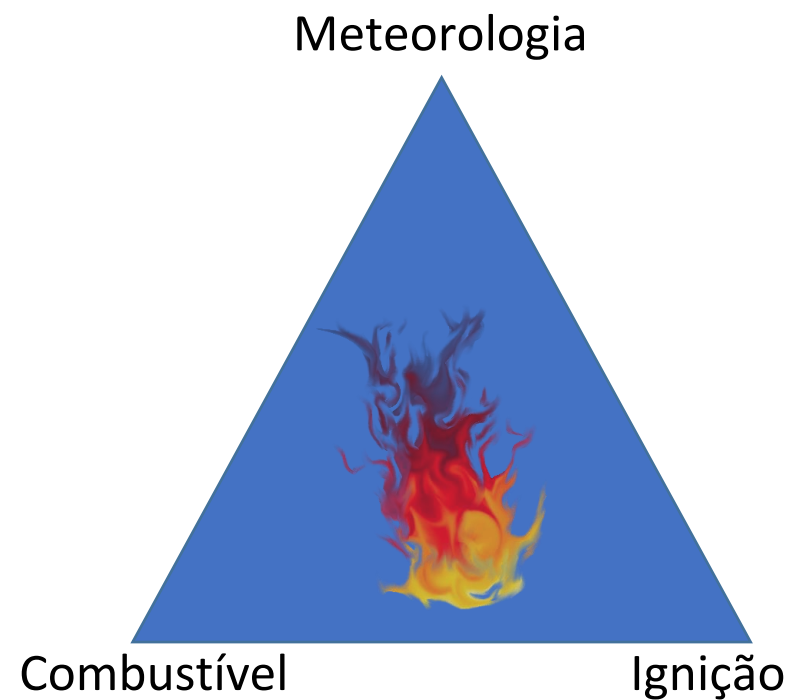
■ Conceitos

Comportamento do fogo



■ Conceitos

Comportamento do fogo



Conceitos

Comportamento do fogo

Quais as variáveis mais relevantes:

- Combustível (tipo e estado)
- Coberto arbóreo
- Meteorologia
- Topografia
- Ignição
- Copas (altura, densidade e estado)

■ Conceitos

Combustível: Modelos de Combustível

Modelo de folhada de eucalipto com sub-bosque arbustivo



Modelo de herbáceas altas (>0,5 m)



Modelo de mato baixo (<1 m) com bastante combustível morto e/ou fino



Combustível: Modelos de Combustível

Grupo: Vegetação

Herbaceas baixas\altas
Matos descontínuos, baixos\altos



Grupo: Folhada

Folhada de coníferas, eucaliptos,
folhosas caducifolias, esclerofilas



Grupo: Folhada+Vegetação

Povoamentos com folhada e sub-
bosque arbustivo

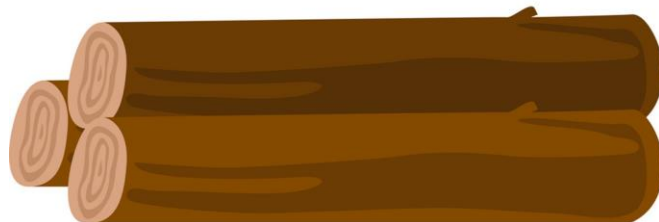


Combustível: Modelos de Combustível

Resíduos

Resíduos de exploração

Alguns modelos mais
específicos



Folhada + Vegetação com continuedade vertical

regeneração de pinheiro bravo



Combustível: Modelos de Combustível

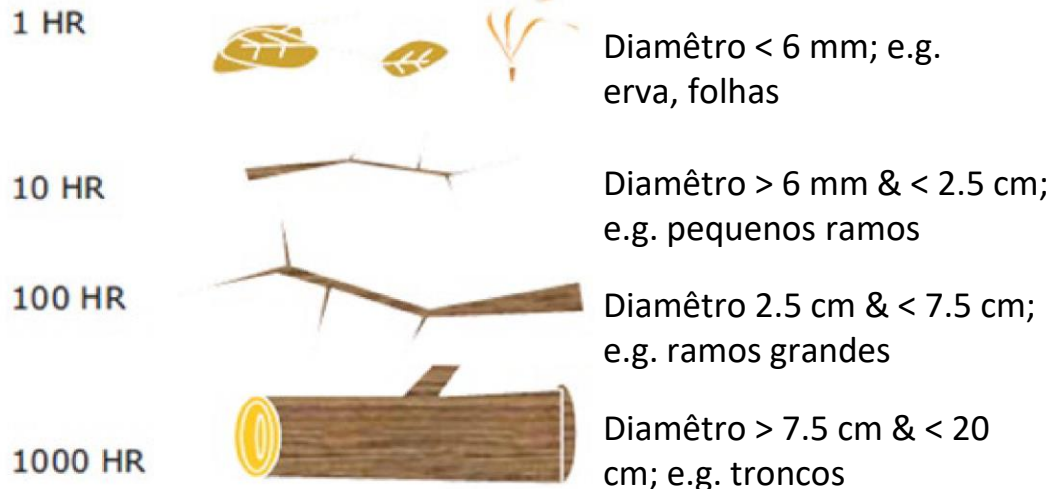
V-MAb	234	Mato baixo (<1 m) com bastante combustível morto e/ou fino. Carga de combustível fino: 7-14 (t/ha)	Matos e charnecas de urze, tojo, carqueja, zimbro. Povoamentos abertos ou jovens, independentemente da espécie, com estrato arbustivo constituído por aquelas espécies.
V-MAa	233	Mato alto (>1 m) com bastante combustível morto e/ou fino. Carga de combustível fino: 12-27 (t/ha)	Matos de urze, tojo ou carqueja, ou giestal velho. Povoamentos abertos ou jovens, independentemente da espécie, com estrato arbustivo constituído por aquelas espécies. Regeneração natural densa de pinhal.
V-MMb	237	Mato baixo (<1 m), com pouco combustível morto e/ou com folhagem relativamente grosseira. Carga de combustível fino: 4-8 (t/ha)	Matos de giesta, piorno. Matos de esteva, carrasco, zambujeiro, medronheiro, lentiscos e outras espécies mediterrânicas. Silvados. Povoamentos abertos ou jovens, independentemente da espécie, com estrato arbustivo constituído por aquelas espécies.
V-MMa	236	Mato alto (>1 m) com pouco combustível morto e/ou com folhagem relativamente grosseira.	Matos de giesta, piorno. Matos de esteva, carrasco, zambujeiro, medronheiro, lentiscos e outras espécies mediterrânicas. Silvados.

Fonte: Paulo
Fernandes

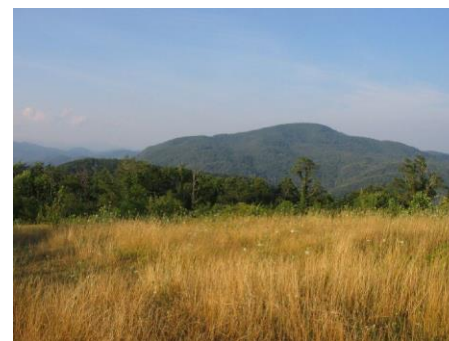
■ Conceitos

Combustível: Estado do combustível (humidade)

Combustíveis mortos: tempo necessário para que os mortos atinjam $\frac{2}{3}$ da humidade de equilíbrio com o ambiente.



Combustíveis vivos: teor de humidade dos vivos (% água)



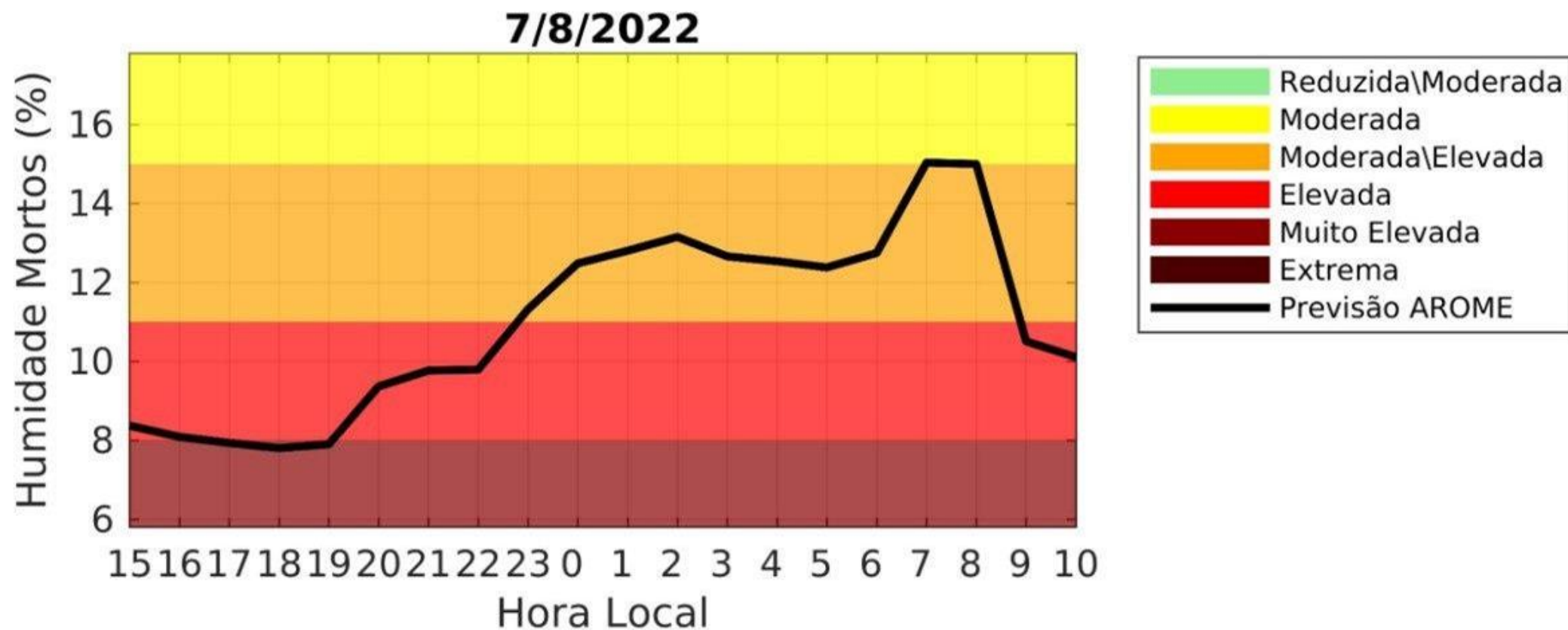
Herbaceos



Lenhosos

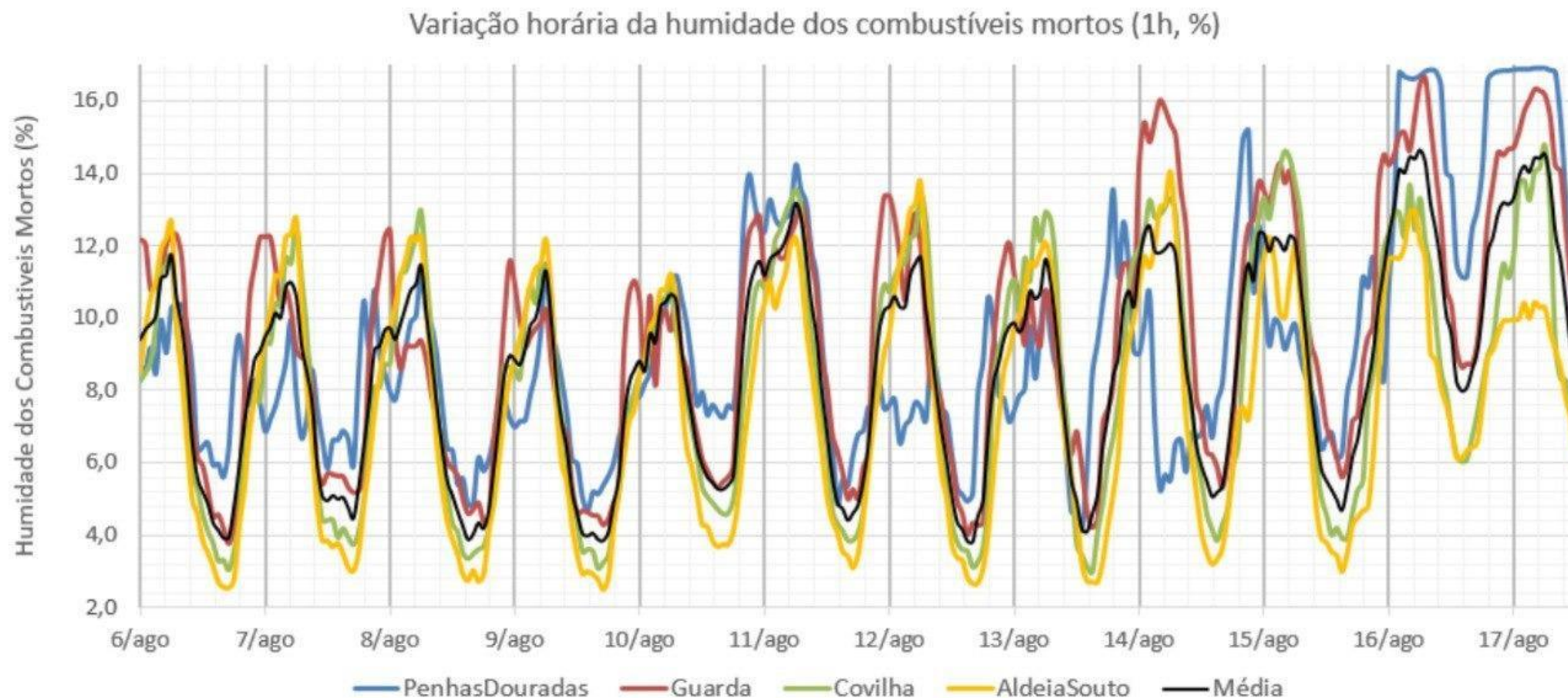
■ Conceitos

Combustível: Estado do combustível (humidade dos mortos)



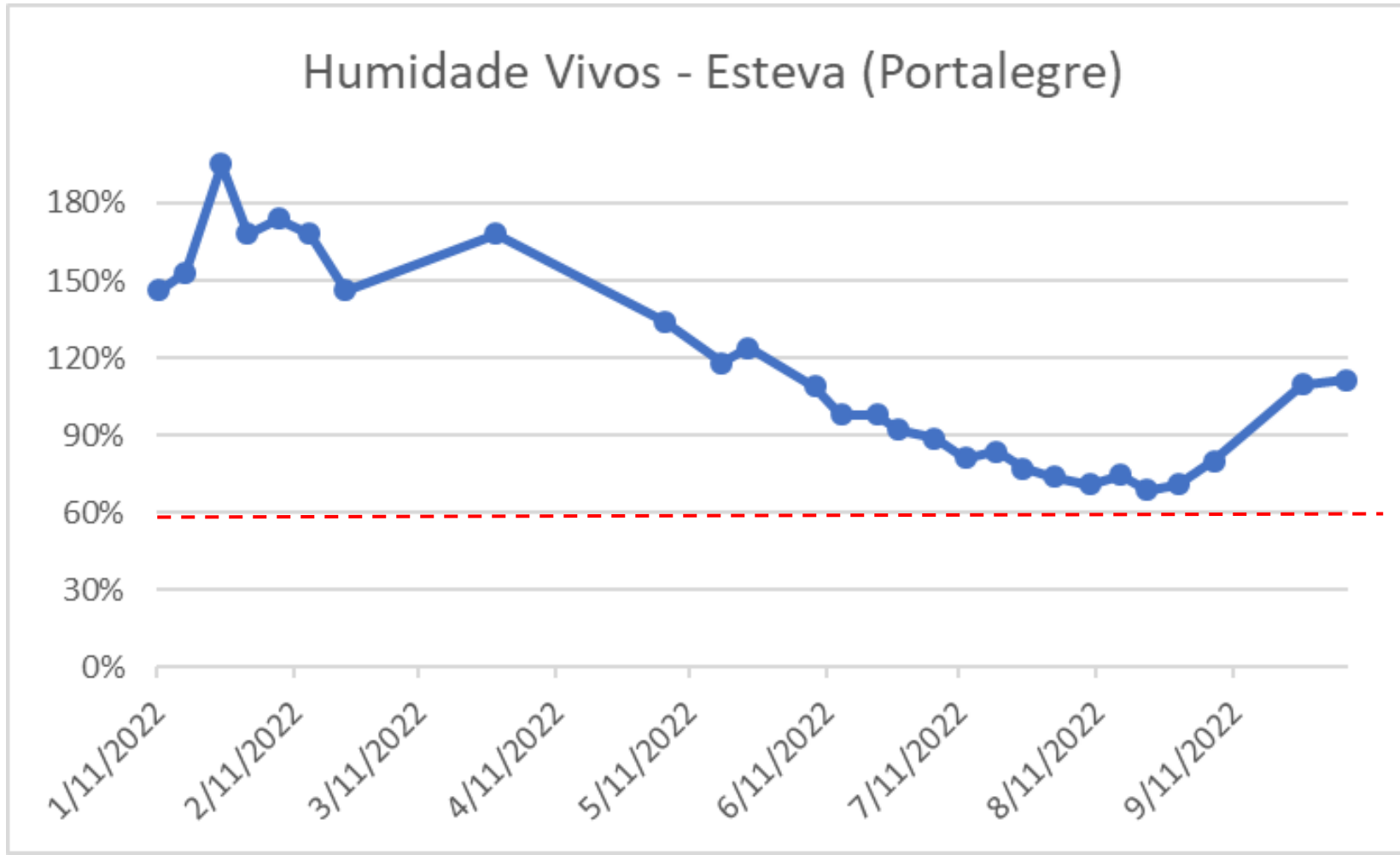
■ Conceitos

Combustível: Estado do combustível (humidade dos mortos)



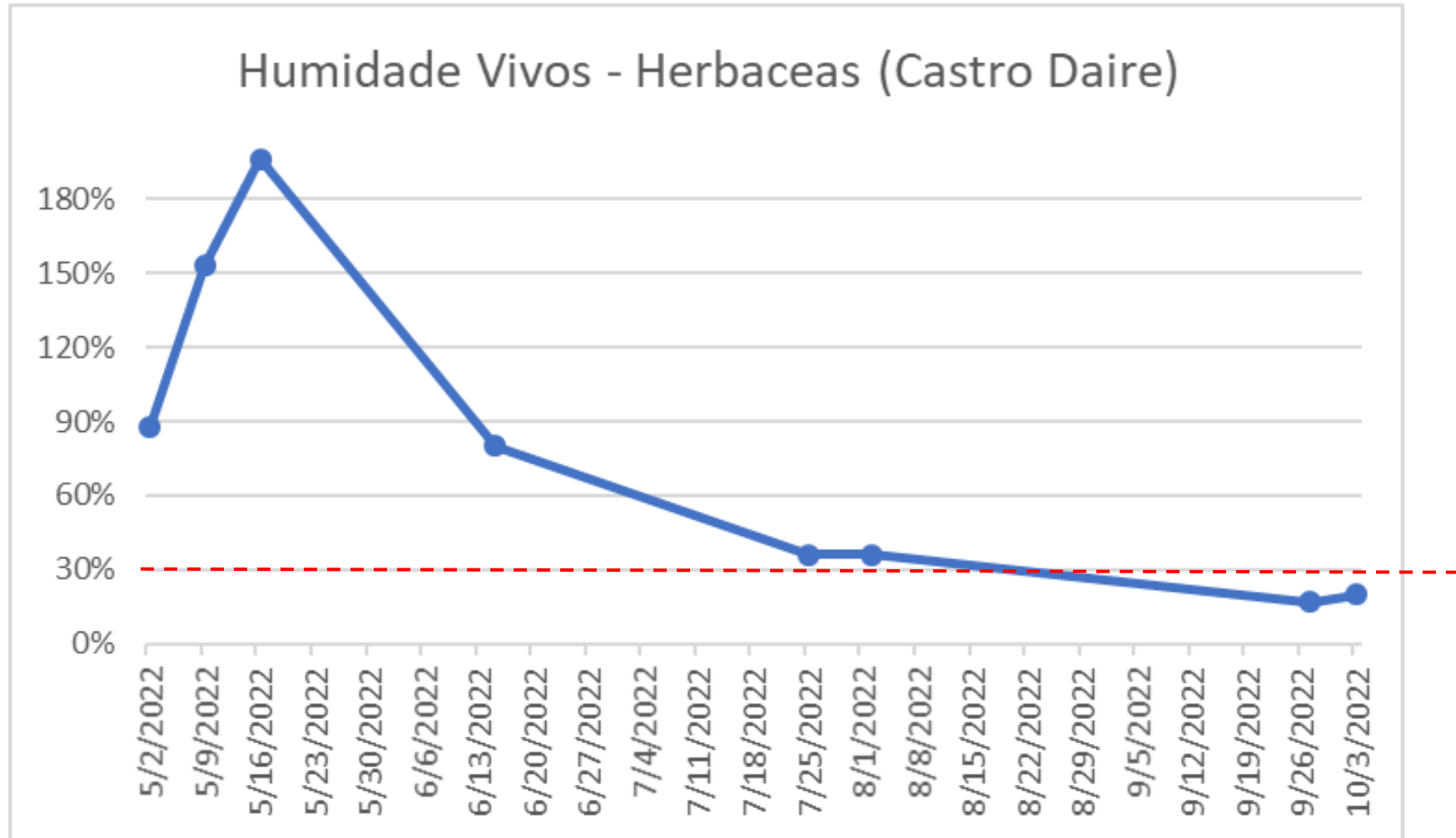
■ Conceitos

Combustível: Estado do combustível (humidade dos vivos)



■ Conceitos

Combustível: Estado do combustível (humidade dos vivos)



Conceitos

Descritores de comportamento

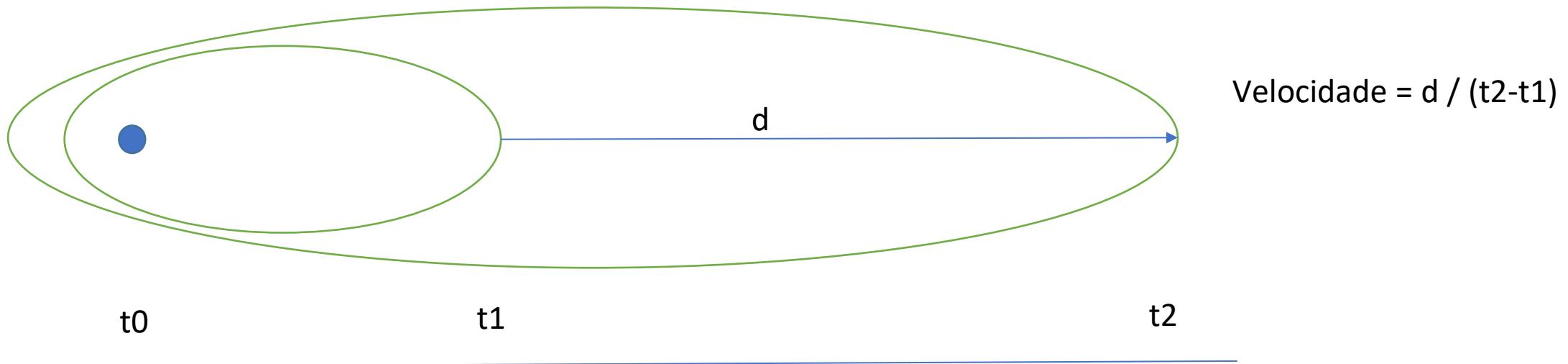
- Velocidade de propagação (m/min)
- Intensidade na frente chama (kW / m)
- Taxa de crescimento (ha / h)
- Comprimento de chama (m)
- Tempo de chegada (h ou min)
- Direção de propagação (°)
- Calor libertado por unidade de área (kJ/m²)

■ Conceitos

Comportamento do fogo

Velocidade de propagação (*Rate of spread*)

Avanço linear da frente de chama. Medido em distância por tempo (e.g. m/min).



■ Conceitos

Comportamento do fogo

Comprimento da chama (flame length)

Comprimento da chama é a distância medida entre o ponto médio da base e o ponto mais alto da chama. Geralmente é medido em metros.



O comprimento de chama está associado à **intensidade do incêndio**. Permite avaliar a capacidade e as condições de segurança para a sua extinção e ainda avaliar qual a possibilidade de um incêndio de superfície se poder transformar num incêndio de copas.

■ Conceitos

Comportamento do fogo

Supressão por meios terrestres é eficaz

Supressão por meios aéreos é eficaz

Baixa probabilidade da supressão ser eficaz

Severity	I_B (kW/m)	L (m)	Characteristics
Low	< 500	< 1,4	- Surface fires - Attack with hand tools
Moderate	500-2000	1,4-2,6	- Surface fires - Direct attack with water or heavy machinery
High	2000-4000	2,6-3,5	- Aerial fire fighting with fire suppressants - Spotting
Very high	4000-10000	3,6-10	- Difficult to control - Spotting and Crown fires
Extreme	>10000	>10	- High rate of spread - Extreme behaviour - Fire ambient

(Andrews & Rothermel 1982)



Comportamento do fogo

Fonte: Tedim et al. 2018

Fire Category		Real Time Measurable Behavior Parameters			Real Time Observable Manifestations of EFB				Type of Fire and Capacity of Control *
		FLI* (kWm ^{−1})	ROS (m/min)	FL (m)	PyroCb	Downdrafts	Spotting Activity	Spotting Distance (m)	
Normal Fires	1	<500	<5 ^a <15 ^b	<1.5	Absent	Absent	Absent	0	Surface fire Fairly easy
	2	500–2000	<15 ^a <30 ^b	<2.5	Absent	Absent	Low	<100	Surface fire Moderately difficult
	3	2000–4000	<20 ^c <50 ^d	2.5–3.5	Absent	Absent	High	≥100	Surface fire, torching possible Very difficult
	4	4000–10,000	<50 ^c <100 ^d	3.5–10	Unlikely	In some localized cases	Prolific	500–1000	Surface fire, crowning likely depending on vegetation type and stand structure Extremely difficult
Extreme Wildfire Events	5	10,000–30,000	<150 ^c <250 ^d	10–50	Possible	Present	Prolific	>1000	Crown fire, either wind- or plume-driven Spotting plays a relevant role in fire growth Possible fire breaching across an extended obstacle to local spread Chaotic and unpredictable fire spread Virtually impossible
	6	30,000–100,000	<300	50–100	Probable	Present	Massive Spotting	>2000	Plume-driven, highly turbulent fire Chaotic and unpredictable fire spread Spotting, including long distance, plays a relevant role in fire growth Possible fire breaching across an extended obstacle to local spread Impossible
	7	>100,000 (possible)	>300 (possible)	>100 (possible)	Present	Present	Massive Spotting	>5000	Plume-driven, highly turbulent fire Area-wide ignition and firestorm development non-organized flame fronts because of extreme turbulence/vorticity and massive spotting Impossible

Note: ^a Forest and shrubland; ^b grassland; ^c forest; ^d shrubland and grassland; *FLI classes 1–4 follow the classification by Alexander and Lanoville [125].

■ Modelação

Um modelo semi-empirico muito usado: Rothermel (1972)

- Taxa de propagação (m / min)

$$R = \frac{I_R \xi (1 + \phi_w + \phi_s)}{\rho_b \varepsilon Q_{ig}}$$

↑ Fonte de calor

↓ Sumidouro de calor

■ Combustível

■ Vento

■ Orografia

R	=	taxa de propagação (m min ⁻¹)
I _R	=	intensidade de reação (kJ min ⁻¹ m ⁻¹)
ξ	=	taxa de fluxo de propagação*
ρ _b	=	densidade de volume seco (kg m ⁻³)
ε	=	número de aquecimento eficiente
Q _{ig}	=	calor de pré-ignição (kJ kg ⁻¹)
φ _w	=	coeficiente de vento
φ _s	=	coeficiente de declive

*Proporção da intensidade da reação que aquece as partículas de combustível adjacentes à ignição (sem vento)

■ Modelação

Um modelo semi-empirico muito usado: Byram (1959)

- Intensidade de linha de chama (kW m^{-1})

$$I_b = hwR / 60$$

\approx

$$I_b = \frac{I_R}{60} \frac{12.6R}{\sigma}$$

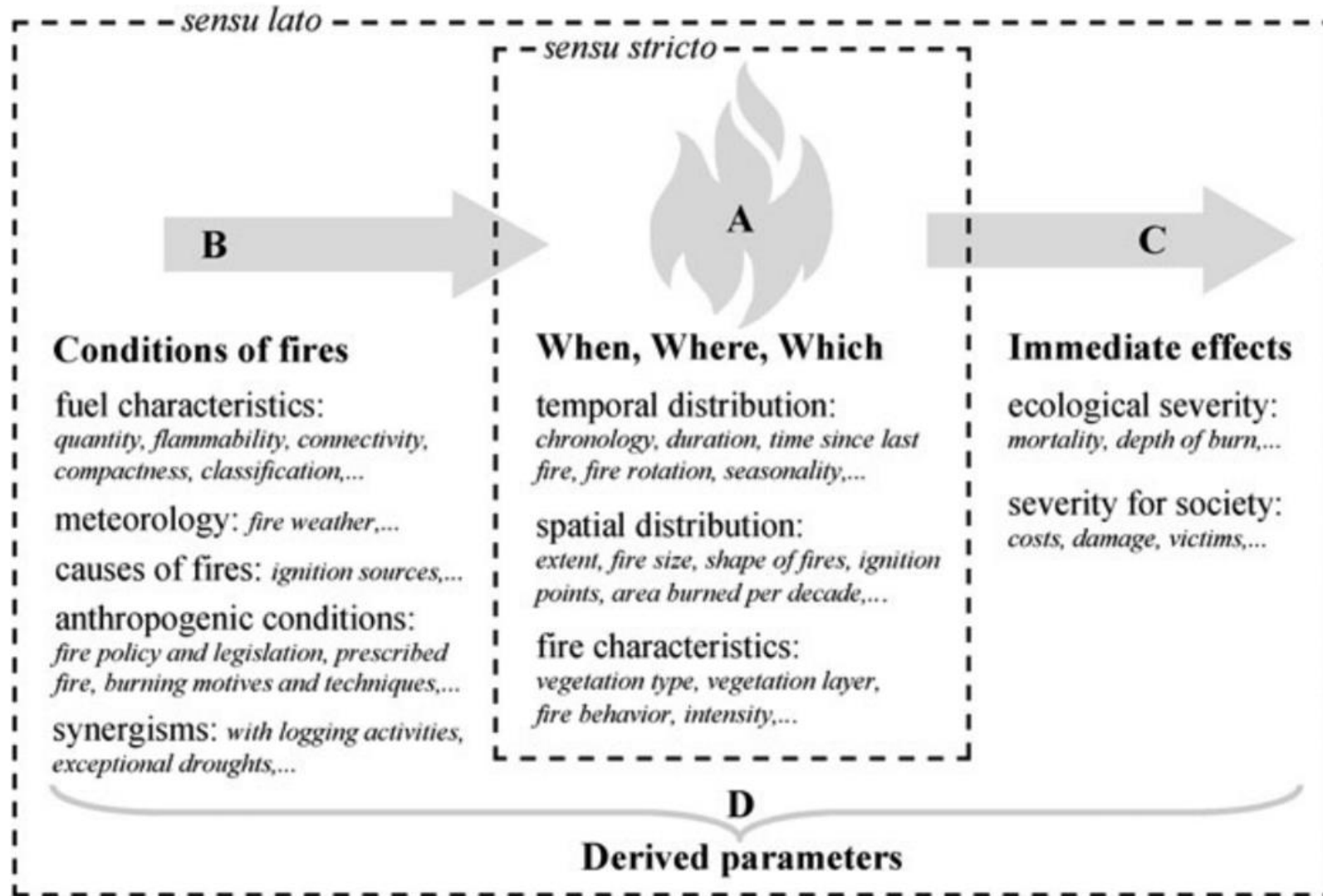
I_b	=	intensidade da frente de fogo (kW m^{-1})
h	=	rendimento calorífico do combustível (kJ kg^{-1})*
w	=	peso de combustível por unidade de área (kg m^{-2})
R	=	taxa de propagação (m min^{-1})
σ	=	relação area / volume do leito de combustível (m^{-1})

* Energia total – energia necessária para vaporizar a humidade



Fire Regime (Regime do Fogo)

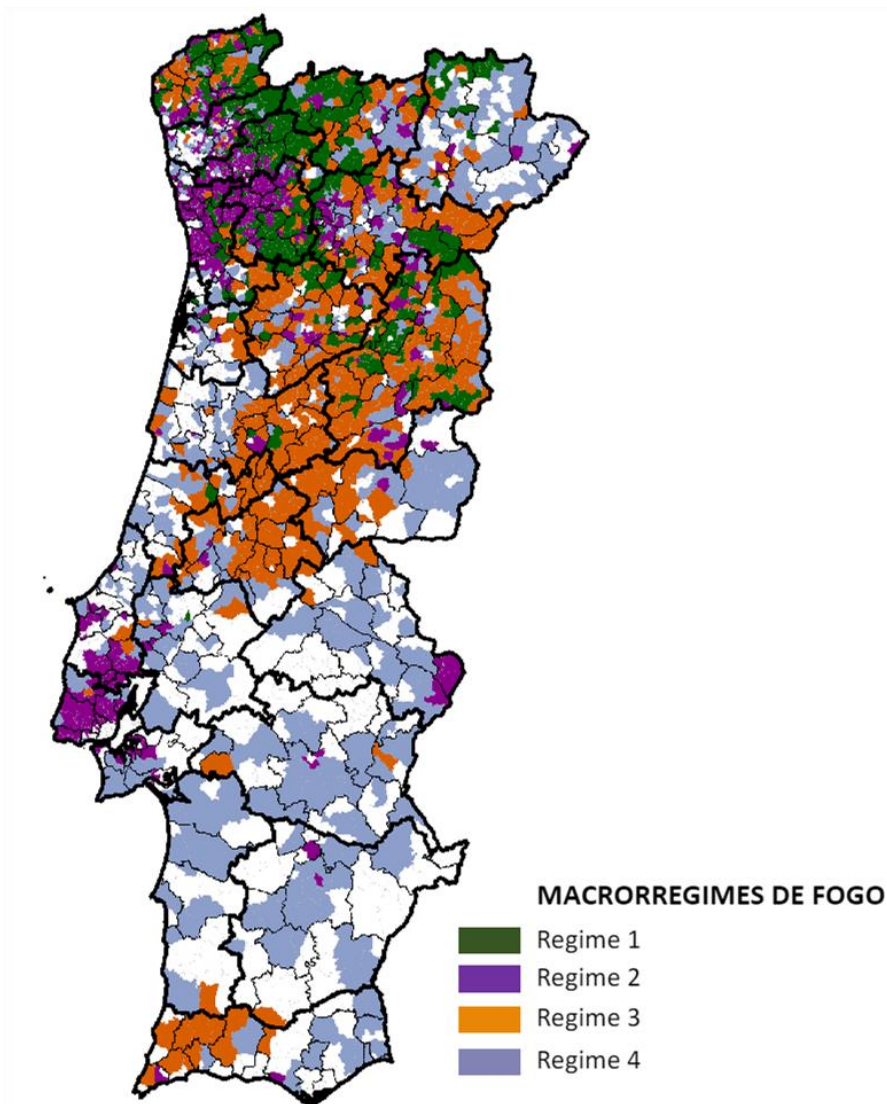
■ Regime do fogo



Krebs et al. 2010

Fire regime: history and definition of a key concept in disturbance ecology

Regime do fogo



Regime 1 – Associado a época longa, com elevada % de dias de fogo no inverno e a baixa intensidade do fogo, conjugadas com a associação predominante a áreas de matos e os locais onde ocorre, sugerem que neste regime são importantes as queimadas de pastorícia

Regime 2 – Pode considerar-se um regime de fogo periurbano, em regiões com substancial extensão de interface urbano-rural. Representam baixo perigo (hazard), mas alto valor exposto (exposure)

Regime 3 – é um regime de incêndios esporádicos, mas grandes e muito intensos, que incidem sobretudo em pinhais e eucaliptais

Regime 4 - poucos fogos, distribuídos por uma época relativamente curta e tendo ocorrência muito esporádica. Ocorre predominantemente em montados de sobro e azinho e pastagens