



à frente do nosso tempo

Análise dos Incêndios Florestais em Portugal e Avaliação do Índice de Risco de Incêndios Florestais ICRIF

Lourdes Bugalho, Lourdes.Bugalho@meteo.pt
Luís Pessanha, Luis.Pessanha@meteo.pt



- Introdução
- Incêndios florestais em Portugal
- ICRIF
- Exemplos 2006 a 2008
- Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007
- Conclusões e trabalho futuro



à frente do nosso tempo

Introdução

- Introdução
- Incêndios florestais em Portugal
- ICRIF
- Exemplos 2006 a 2008
- Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007
- Conclusões e trabalho futuro



Introdução

Os fogos florestais são um dos mais devastadores desastres naturais que ocorrem frequentemente no Verão em Portugal Continental.

As consequências são imensas, não só pelo impacto que têm na componente económica directa, como também pela influência indirecta que a alteração do coberto vegetal tem para o ambiente e clima.



à frente do nosso tempo

Incêndios florestais em Portugal

- Introdução
- Incêndios florestais em Portugal
- ICRIF
- Exemplos 2006 a 2008
- Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007
- Conclusões e trabalho futuro

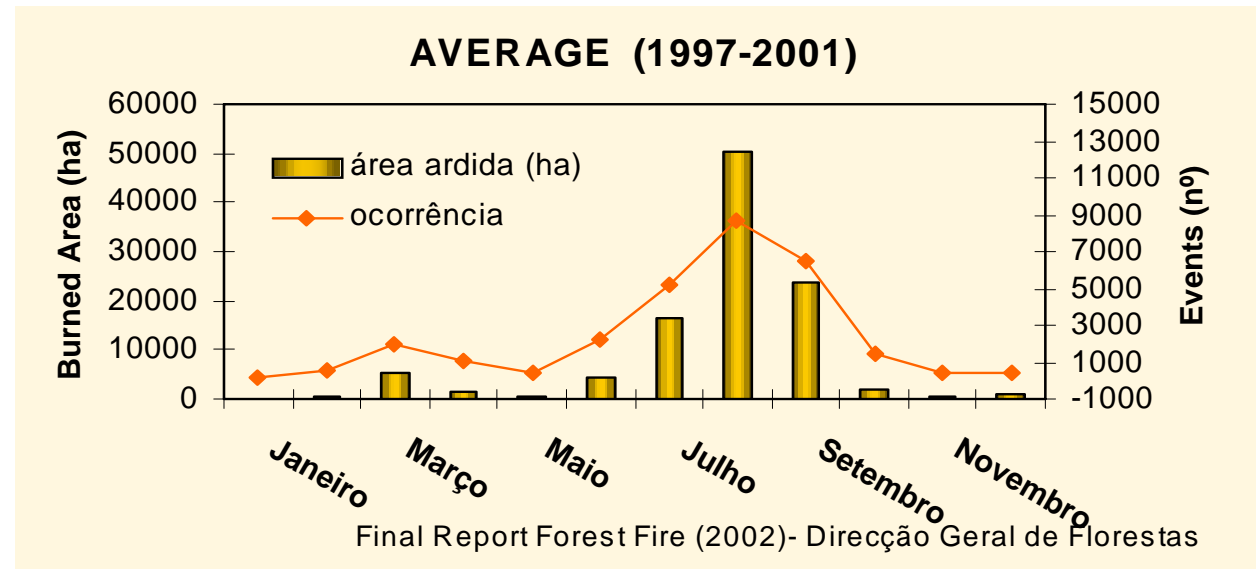


à frente do nosso tempo

Incêndios Florestais em Portugal

A origem dos incêndios florestais é de 10% de causas naturais, 35% de causas desconhecidas, 30% devido a descuido e 25% de origem criminosa (discurso do SEAMAI no congresso Internacional sobre Fogos Florestais em 31/01/2003). No Verão as condições meteorológicas são especialmente favoráveis à deflagração e propagação de incêndios florestais.

Assim, considera-se como período de incêndios florestais em Portugal Continental de 15 de Maio a 15 de Outubro (cerca de 95% dos incêndios florestais ocorrem nesse período).

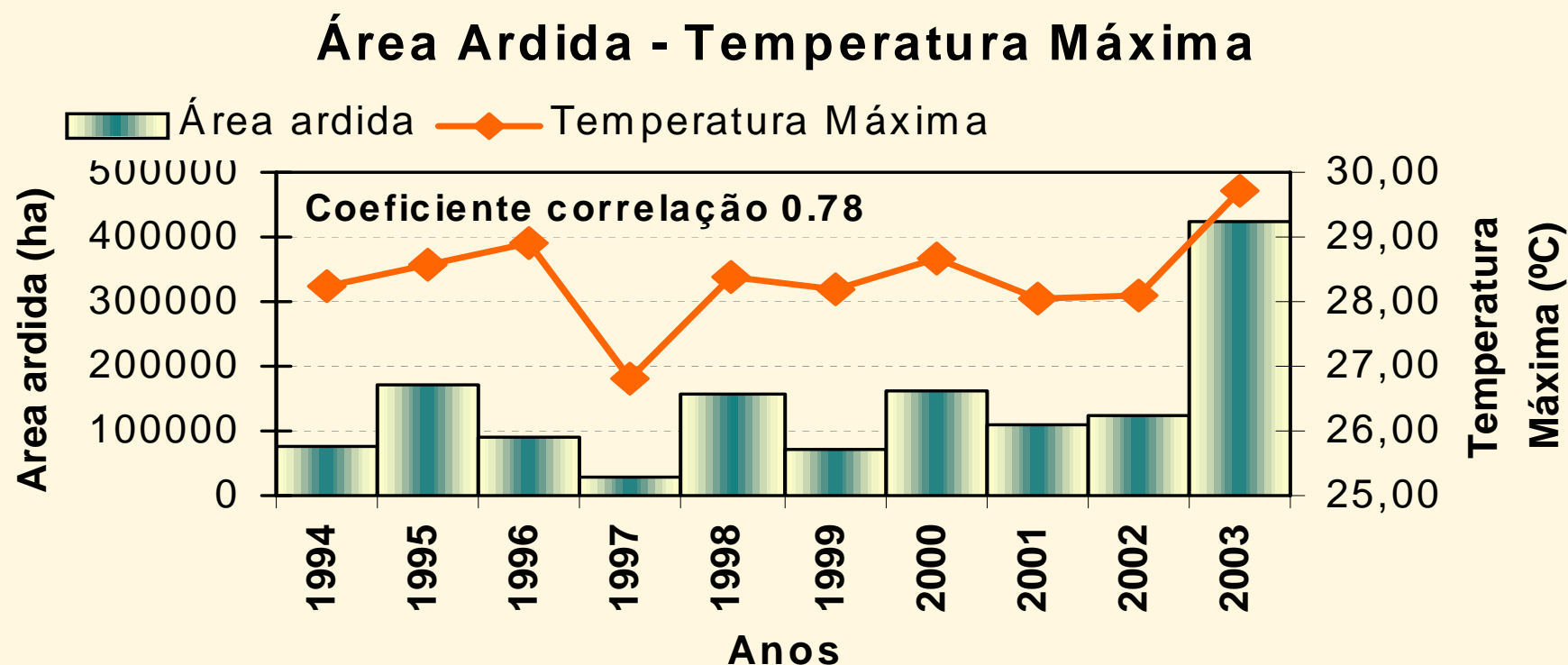




à frente do nosso tempo

Incêndios Florestais em Portugal

O número de incêndios florestais e a área ardida estão relativamente bem relacionados com a média da temperatura máxima de Verão, com um coeficiente de correlação de cerca de 78%.

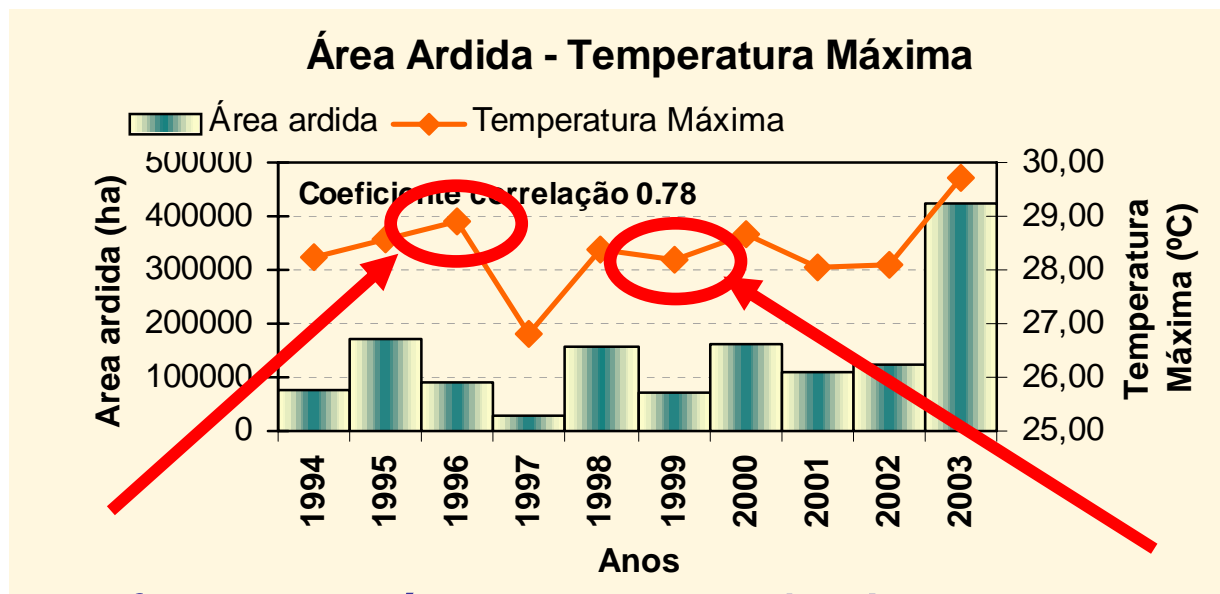




à frente do nosso tempo

Incêndios Florestais em Portugal

No entanto, analisando a média da temperatura máxima nos meses de Verão em 1996 e 1999, os valores de área ardida foram inferiores aos esperados.



A explicação deste facto, está em meses de Agosto pouco típicos, com precipitação, especialmente em 1999, e com média temperatura máxima claramente inferior aos valores normais (1961-1990), seguido de Setembro também com valores da média da temperatura máxima inferior aos valores normais (Departamento de Clima do Instituto de Meteorologia).



à frente do nosso tempo

Incêndios Florestais em Portugal

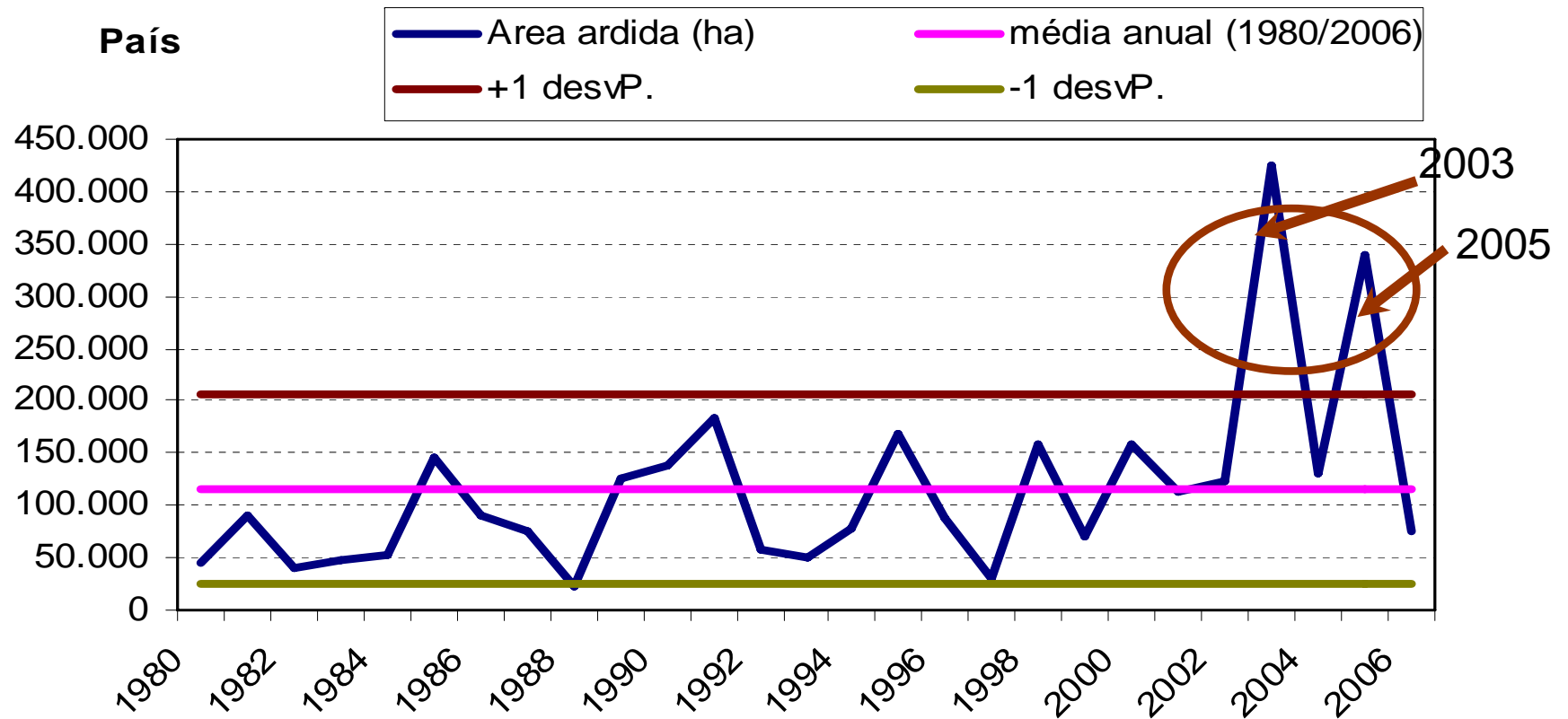
O ano de 1997, o mais quente até 2003 inclusive, com Primavera muito quente, atingindo valores médios das temperaturas muito superior aos valores normais (por exemplo, em Março de 1997 a temperatura máxima média apresentou um valor superior em 7,1°C ao valor normal 1961-1990), apresentou no Verão, especialmente Junho e Julho, temperaturas inferiores às normais ainda que Agosto estivesse dentro dos valores normais.



à frente do nosso tempo

Incêndios Florestais em Portugal

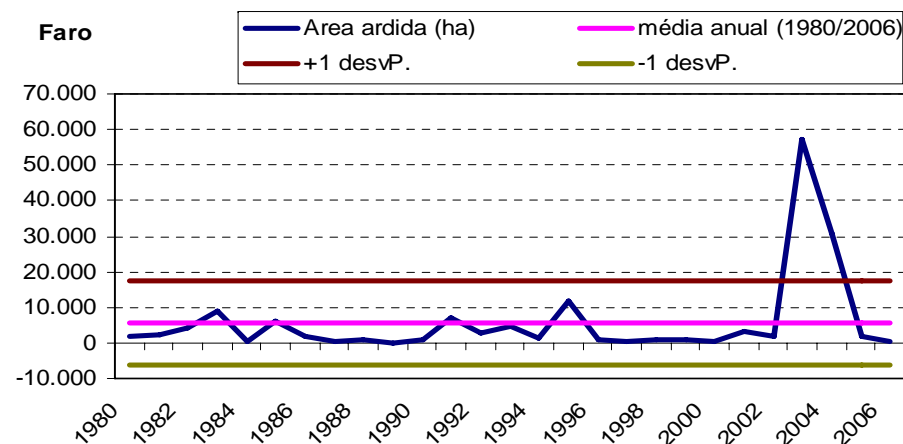
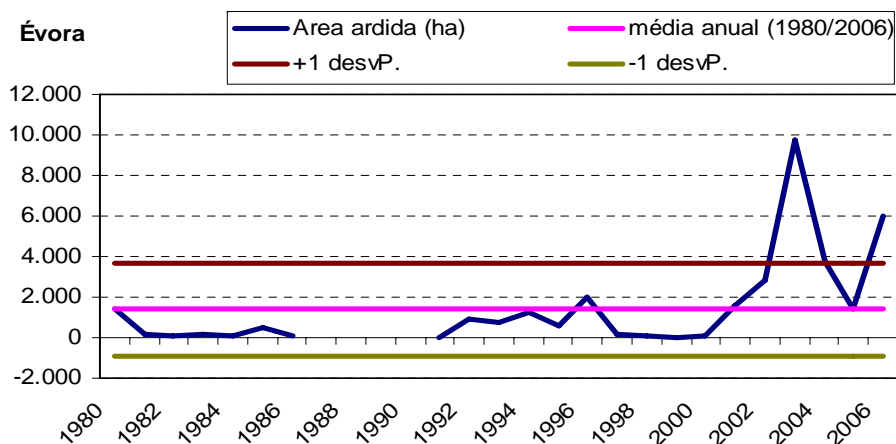
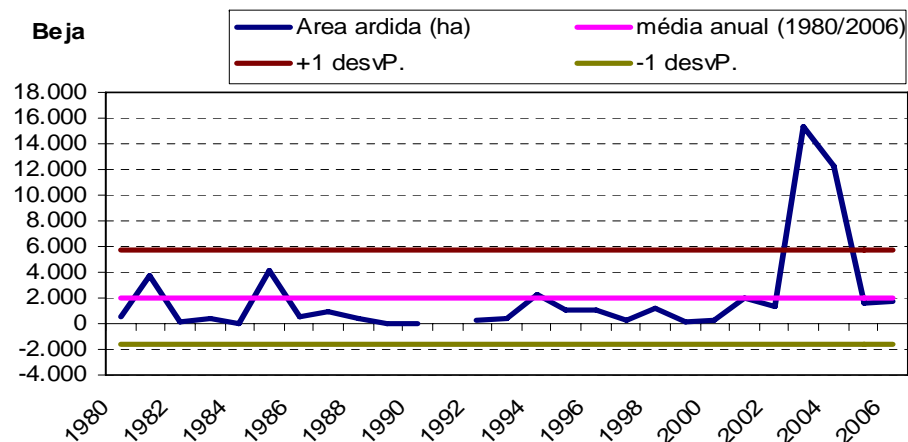
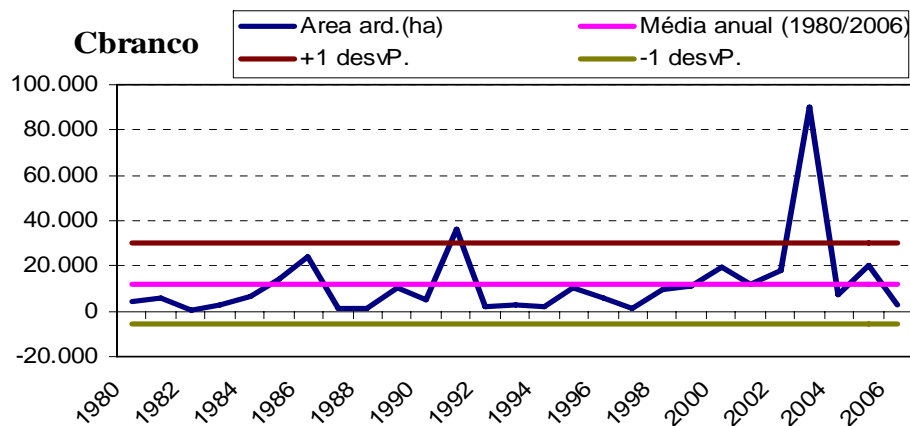
Área ardida no País de 1980 a 2006





à frente do nosso tempo

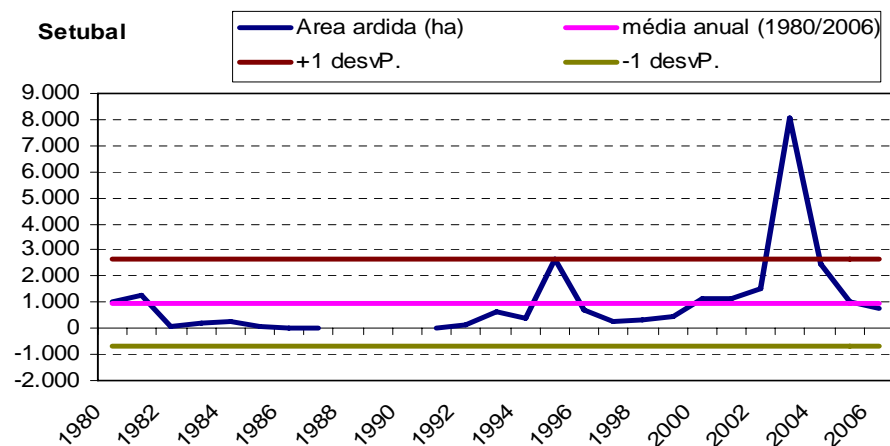
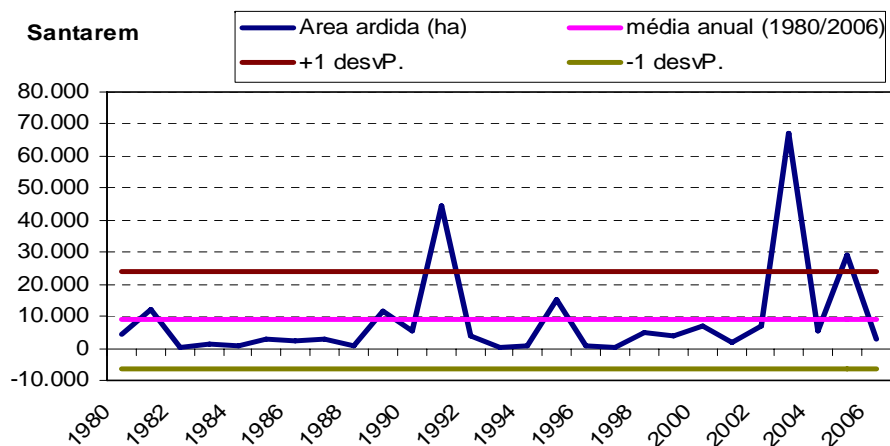
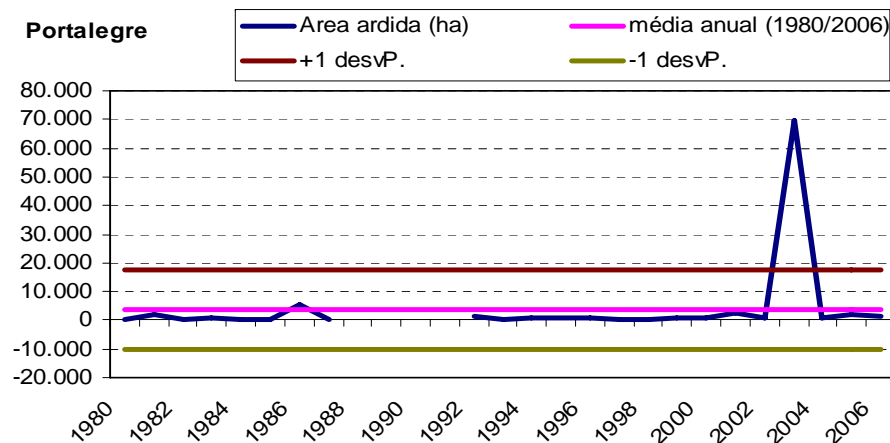
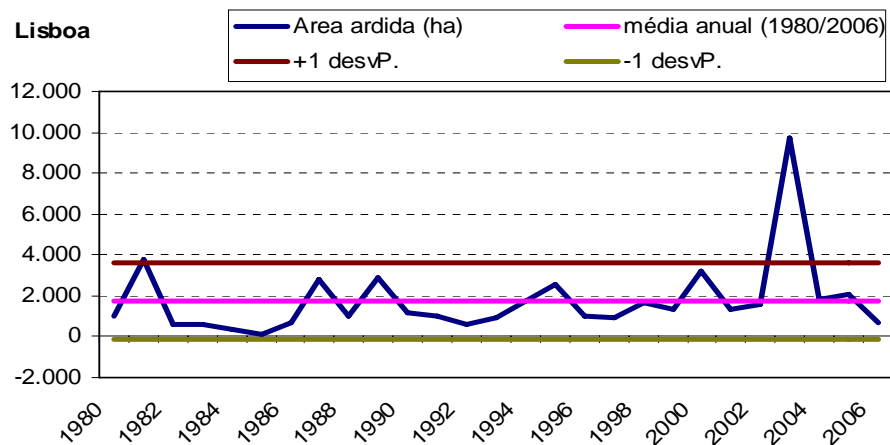
Área ardida por Distrito de 1980 a 2006





à frente do nosso tempo

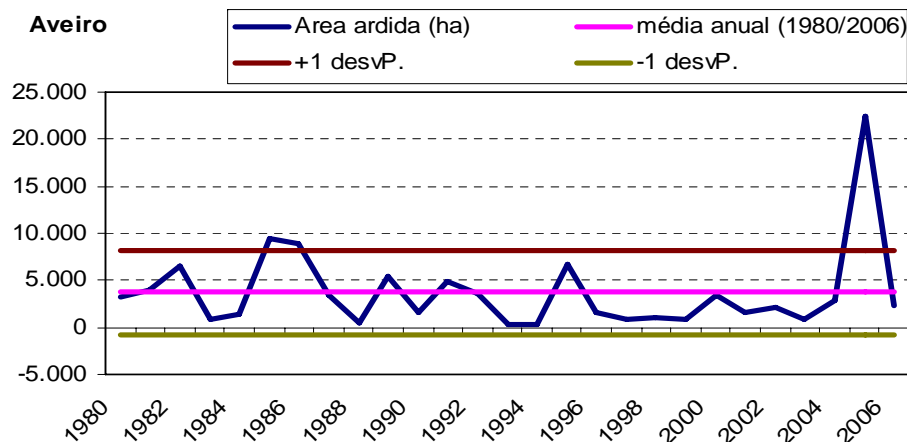
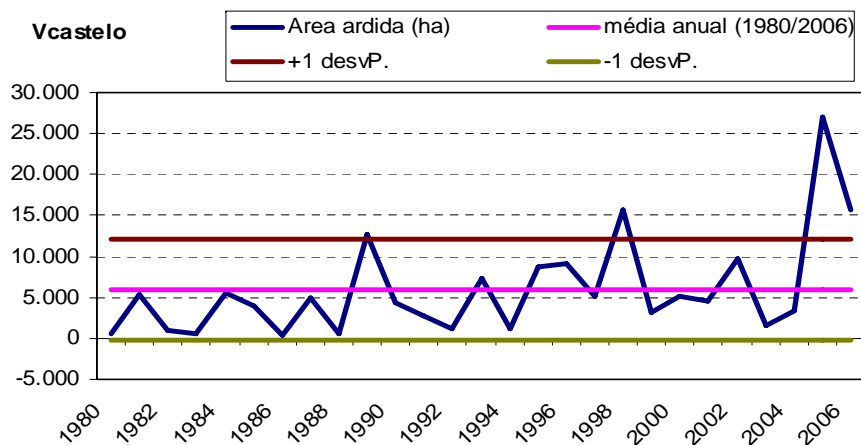
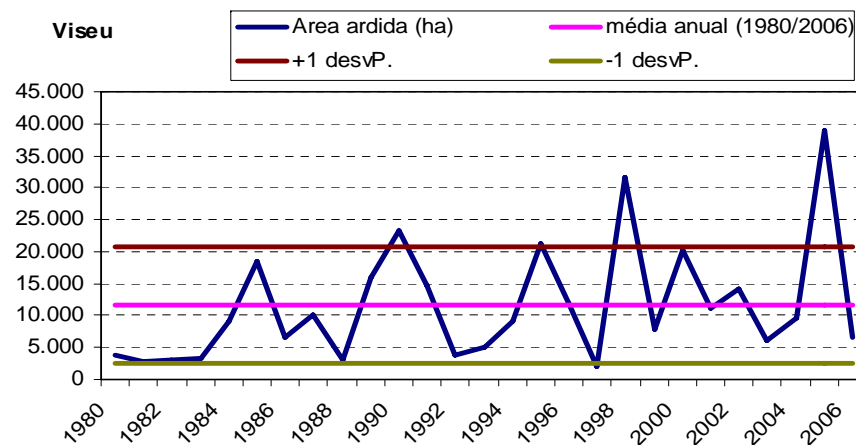
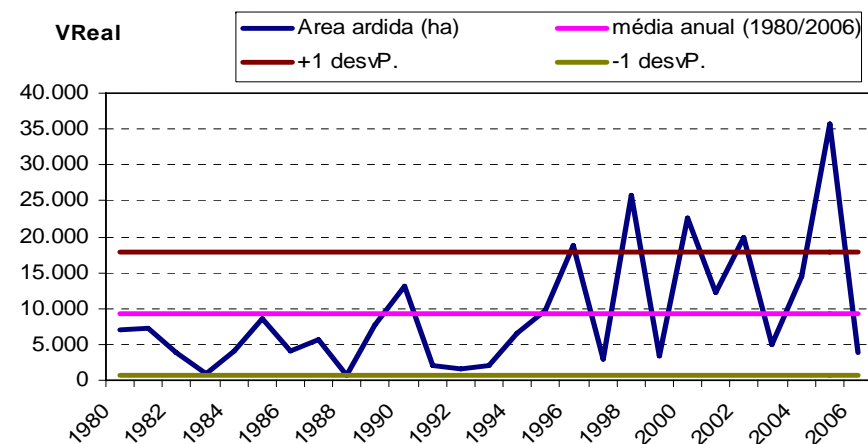
Área ardida no País de 1980 a 2006





à frente do nosso tempo

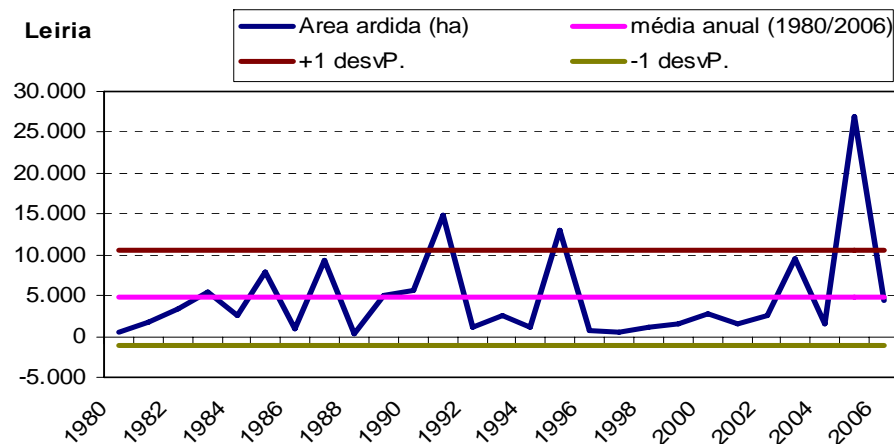
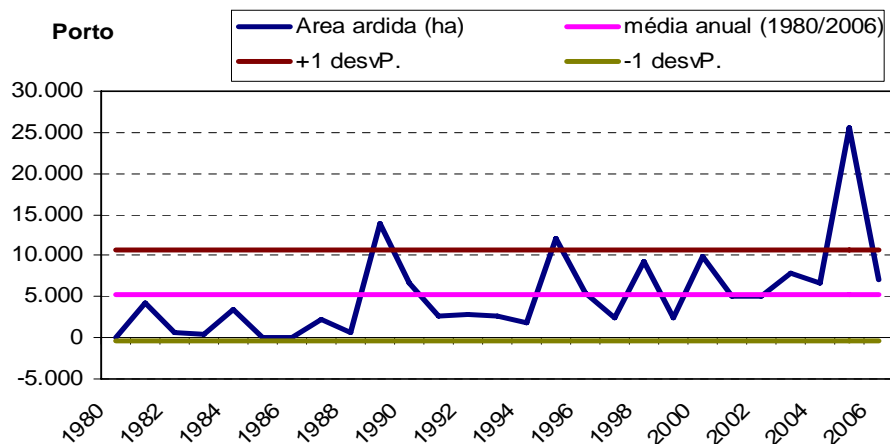
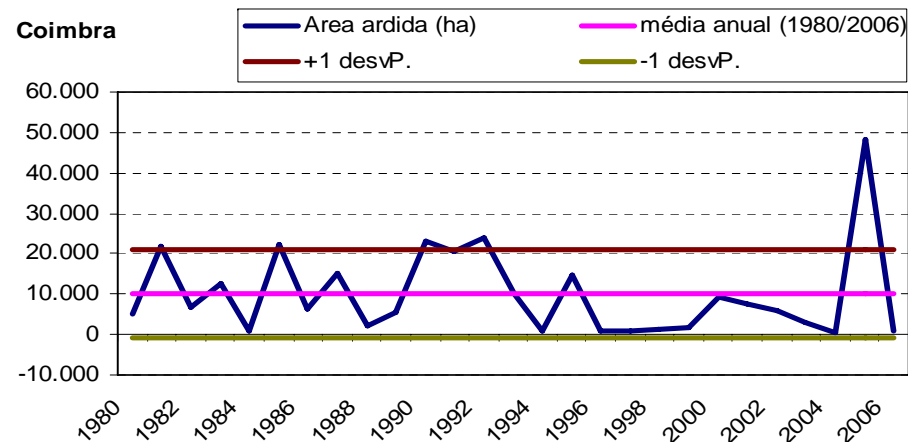
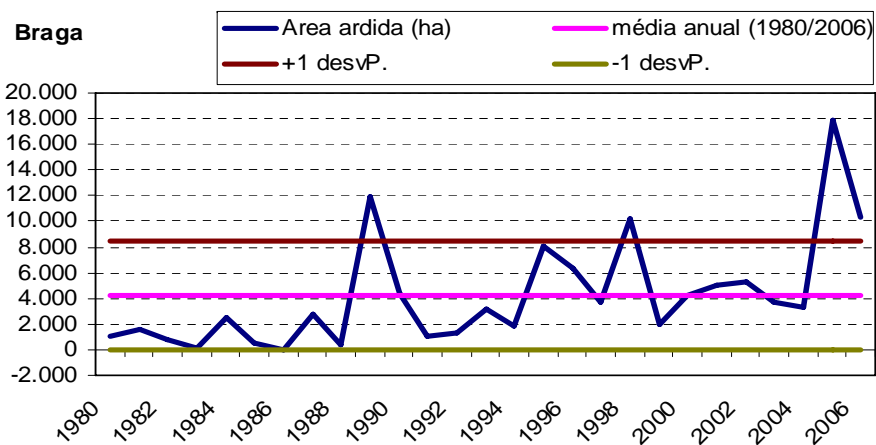
Área ardida no País de 1980 a 2006





à frente do nosso tempo

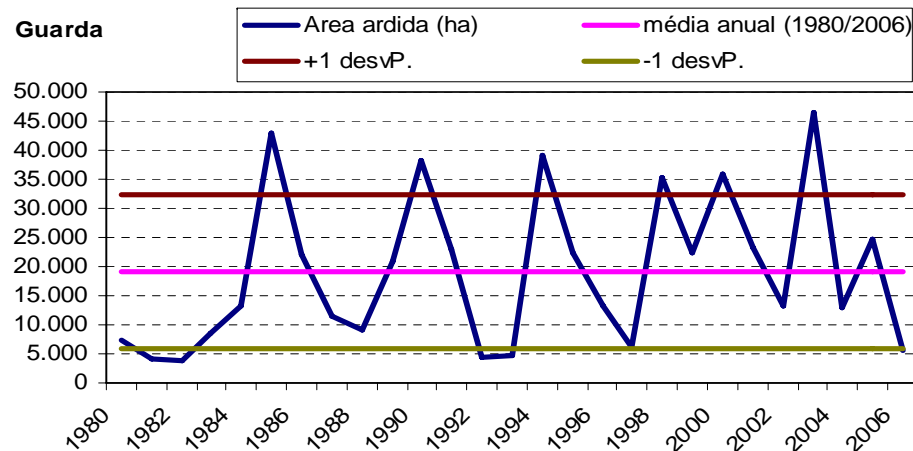
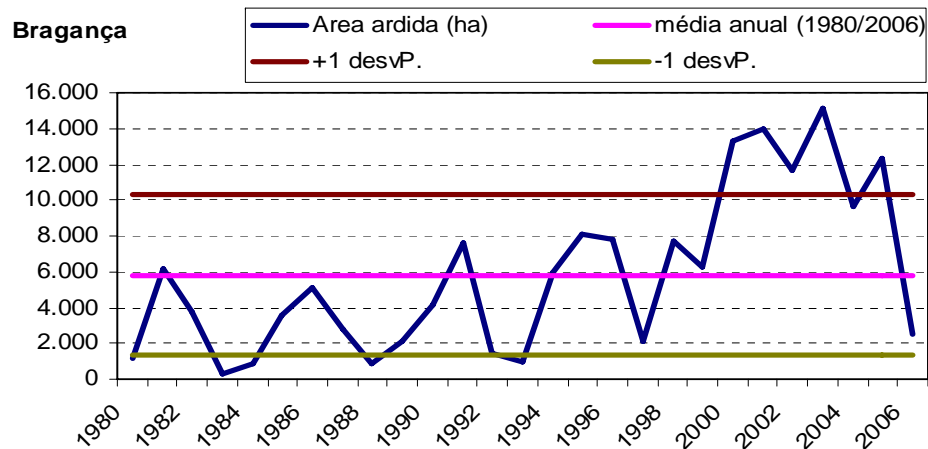
Área ardida no País de 1980 a 2006





à frente do nosso tempo

Área ardida no País de 1980 a 2006





Área ardida em 2003

Distritos	Área ardida (ha)		Total	
	Povoamentos	Matos	ha	%
C. Branco	80439	9787	90226	21.3
Portalegre	46135	23213	69348	16.4
Santarém	53014	12771	65785	15.5
Faro	31826	27264	59090	13.9
Guarda	14768	34884	49651	11.7
Beja	11050	4275	15325	3.6
Bragança	3482	11376	14858	3.5
Évora	9280	492	9771	2.3
Leiria	6445	3257	9702	2.3
Setúbal	8044	151	8194	1.9
Lisboa	4028	3849	7877	1.9
Viseu	2258	3783	6041	1.4
Porto	3119	1797	4916	1.1
Vila Real	1634	3132	4766	1.1
Braga	1095	1900	2995	0.7
Coimbra	2586	358	2944	0.7
V. Castelo	975	647	1622	0.4
Aveiro	568	269	837	0.2
TOTAL	280746	143203	423949	100

Períodos	Área ardida (ha)	Área ardida (%)
Janeiro	54	0.0
Fevereiro	72	0.0
Março	956	0.2
Abril	647	0.1
Maio	1766	0.4
Junho	12553	3.0
Julho	80855	19.1
Agosto	280550	66.1
Setembro	46242	11.0
Outubro	256	0.1



Incêndios Florestais em Portugal

Percentagem de área ardida de fogos florestais do verão/ano

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Aveiro	69,3	83,3	76,6	25,9(*)	78,6	97,1
CBranco	99,5	99,7	99,9	99,6	98,8	99,1
Beja	99,9	99,3	99,7	99,9	78,7	99,3
Braga	89,4	92,4	92,2	86,0	92,5	98,1
Bragança	98,3	97,5	99,2	97,8	92,9	97,9
Coimbra	76,7	99,2	97,5	90,0	99,8	95,4
Évora	99,9	99,2	99,9	100	98,8	99,9
Faro	99,6	99,3	99,9	100	97,7	95,2
Guarda	98,9	97,2	99,8	97,9	94,4	98,1
Leiria	87,1	98,9	99,7	91,1	99,3	99,8
Lisboa	88,2	96,1	99,7	93,7	87,6	96,9
Portalegre	99,9	99,0	99,9	99,7	98,0	99,3
Porto	---	---	100	93,5	99,9	98,5
Santarem	91,1	99,1	99,9	98,8	99,5	99,2
Setubal	95,4	97,0	99,7	97,0	74,8	98,3
V.Castelo	75,8	95,4	76,4	77,8	92,6	97,3
V.Real	93,5	95,7	94,9	94,8	95,2	93,8
Viseu	96,0	98,2	96,3	95,5	95,8	96,7



à frente do nosso tempo

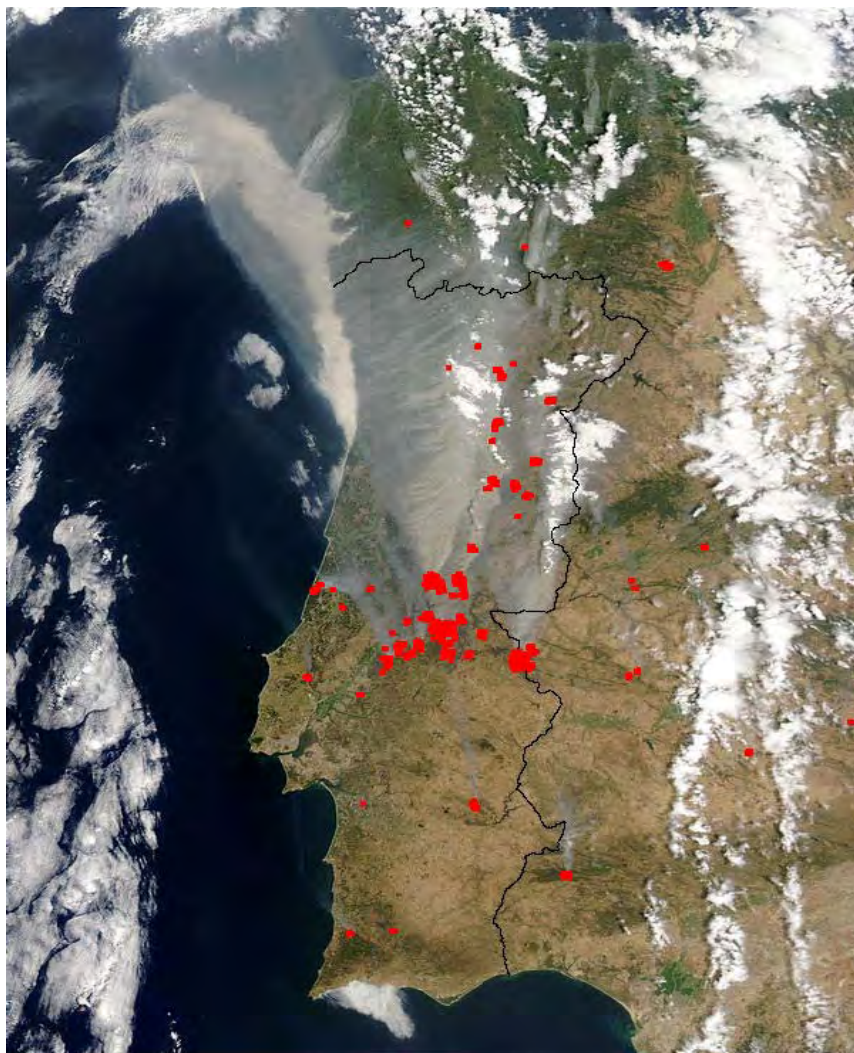
ICRIF (Índice Combinado de Risco de Incêndios Florestais)

- Introdução
- Incêndios florestais em Portugal
- ICRIF
- Exemplos 2006 a 2008
- Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007
- Conclusões e trabalho futuro



à frente do nosso tempo

ICRIF (Índice Combinado de Risco de Incêndios Florestais)



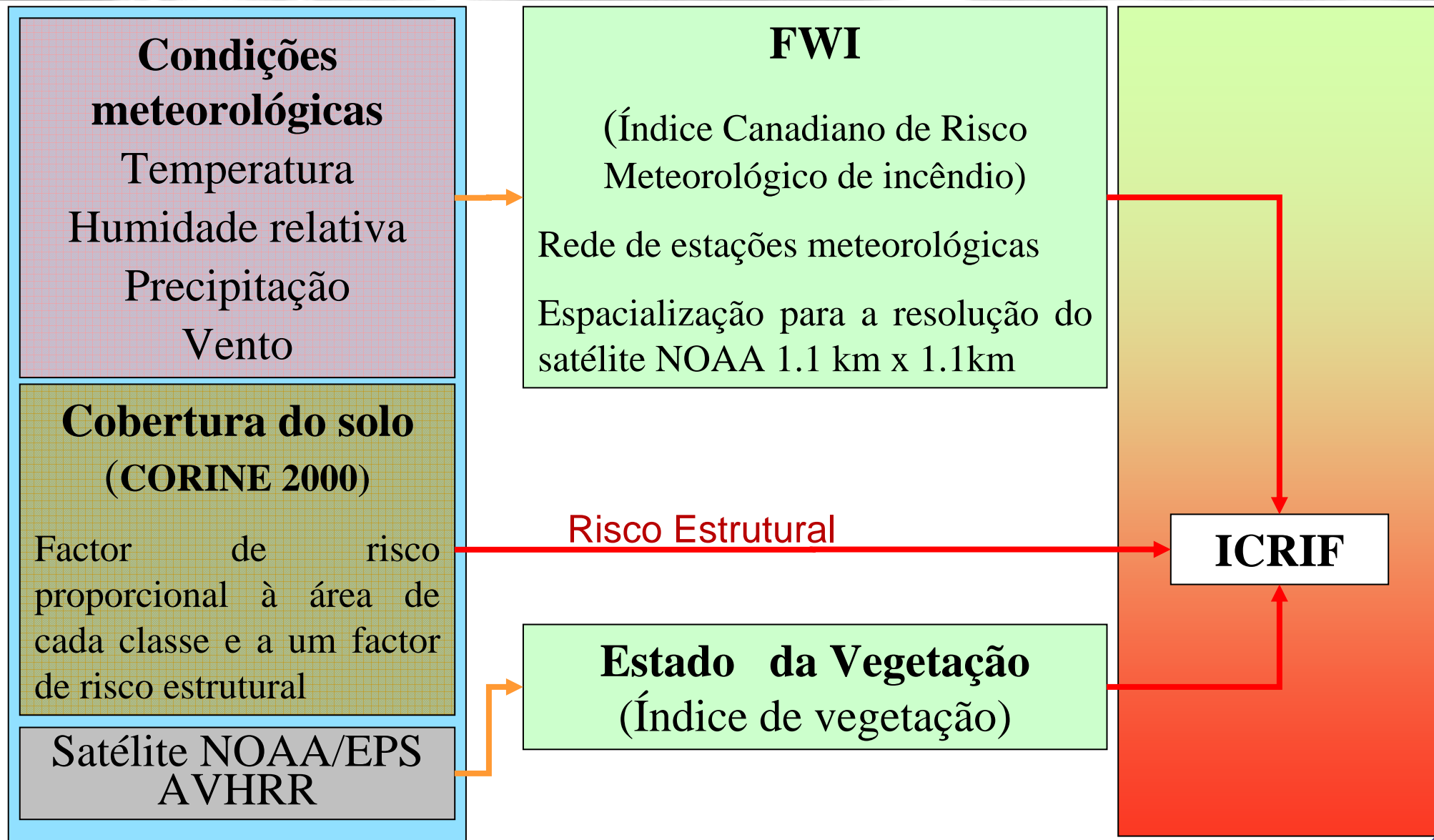
O IM considerou importante:

- A obtenção de um índice de risco de incêndio para Portugal que respondesse melhor às condições de incêndios florestais pelo que desenvolveu o ICRIF (Índice Combinado de Risco de Incêndios Florestais), que combina um índice já em utilização e que responde às condições meteorológicas, FWI (*Canadian Fire Weather Index*) e já em utilização no IM, com informação sobre o tipo de vegetação e as condições em que se encontram.
- A validação e a comparação dos resultados deste índice com o número de ocorrências de incêndios e com a área ardida.



à frente do nosso tempo

ICRIF (Índice Combinado de Risco de Incêndios Florestais)



20



à frente do nosso tempo

ICRIF (Índice Combinado de Risco de Incêndios Florestais)

O valor final foi ICRIF foi ajustado de forma a garantir um valor próximo do FWI, bem como a utilização das classes de risco de incêndio actualmente em uso



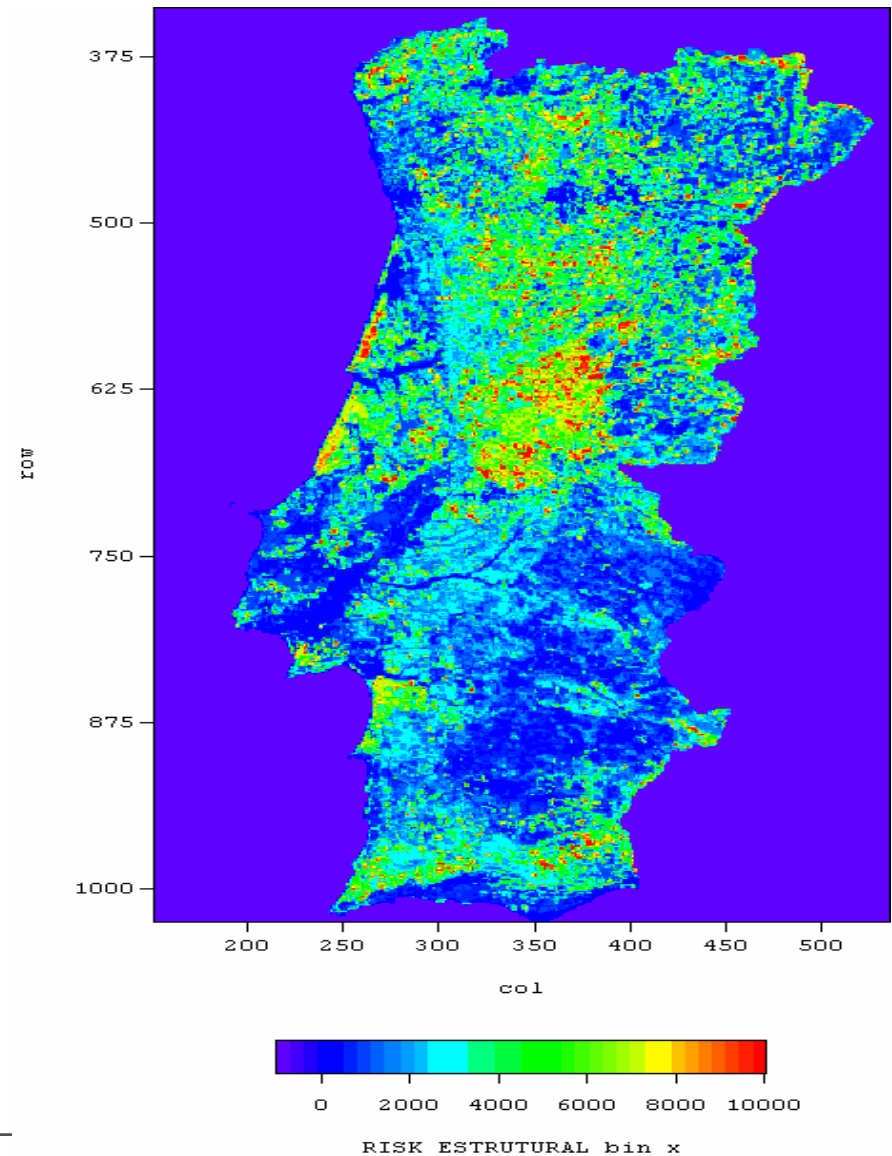
à frente do nosso tempo

ICRIF: 1) Risco Estrutural

Risco Estrutural:

- Para cada pixel é obtida a percentagem da área coberta por cada uma das classes de ocupação do solo do CORINE 2000 (A_k).
- Para cada classe de ocupação do solo foi estabelecido empiricamente um valor de risco relacionado com a facilidade de deflagração e propagação (R_k).
- O risco estrutural final (FUELRISK) para cada pixel é uma combinação dos diferentes risco pela área correspondente.

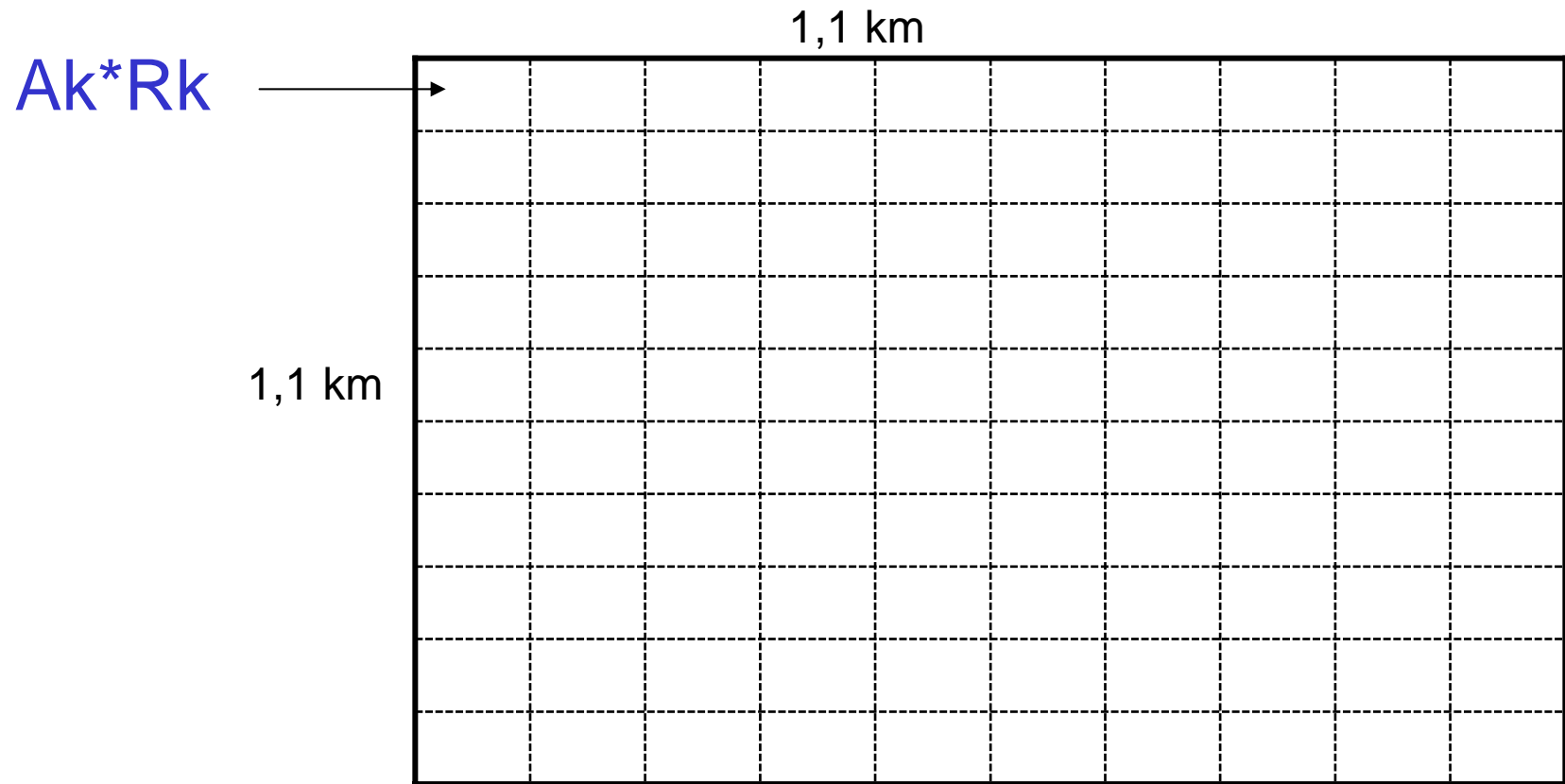
$$\text{FUELRISK} = \sum (A_k * R_k)$$





à frente do nosso tempo

ICRIF: 2) Risco Estrutural



$$\text{FUELRISK (Pixel)} = \sum (A_k * R_k)$$



ICRIF: 1) Estado da Vegetação (NDVI)

Um dos índices de vegetação mais utilizados é o **NDVI**, (*Normalised Difference Vegetation Index*), por ser de cálculo simples, e constituir um bom indicador do estado e vigor da vegetação. Por outro lado, este índice está correlacionado com outros índices de vegetação, tais como a fracção de cobertura do solo com vegetação (FVC) e o índice de área foliar (LAI).

O NDVI é calculado recorrendo às medidas do radiómetro AVHRR/NOAA (*Advanced Very High Resolution Radiometer*). A reflectância medida no canal 1 (Ch1, visível: 0.58 - 0.68 micron) e no canal 2 (Ch2, infravermelho próximo: 0.725 - 1.0 micron) são usados no cálculo:

$$\text{NDVI (Pixel)} = (\text{Ch2} - \text{Ch1}) / (\text{Ch2} + \text{Ch1})$$



ICRIF: 2) Estado da Vegetação (NDVI)

Apesar da utilização da diferença de canais e a sua normalização diminuïrem a influência da atmosfera (*Holben et al. 1986*), o NDVI é afectado por diferentes fenómenos, todos eles contribuindo para a redução do seu valor:

- a contaminação dos pixels por nuvens,
- perturbações atmosféricas,
- variação do ângulo solar e da geometria de observação do satélite.



ICRIF: 3) Estado da Vegetação (NDVI)

O NDVI é calculado diariamente com base em dados do satélite NOAA, recebidos no IM e que incluam Portugal Continental:

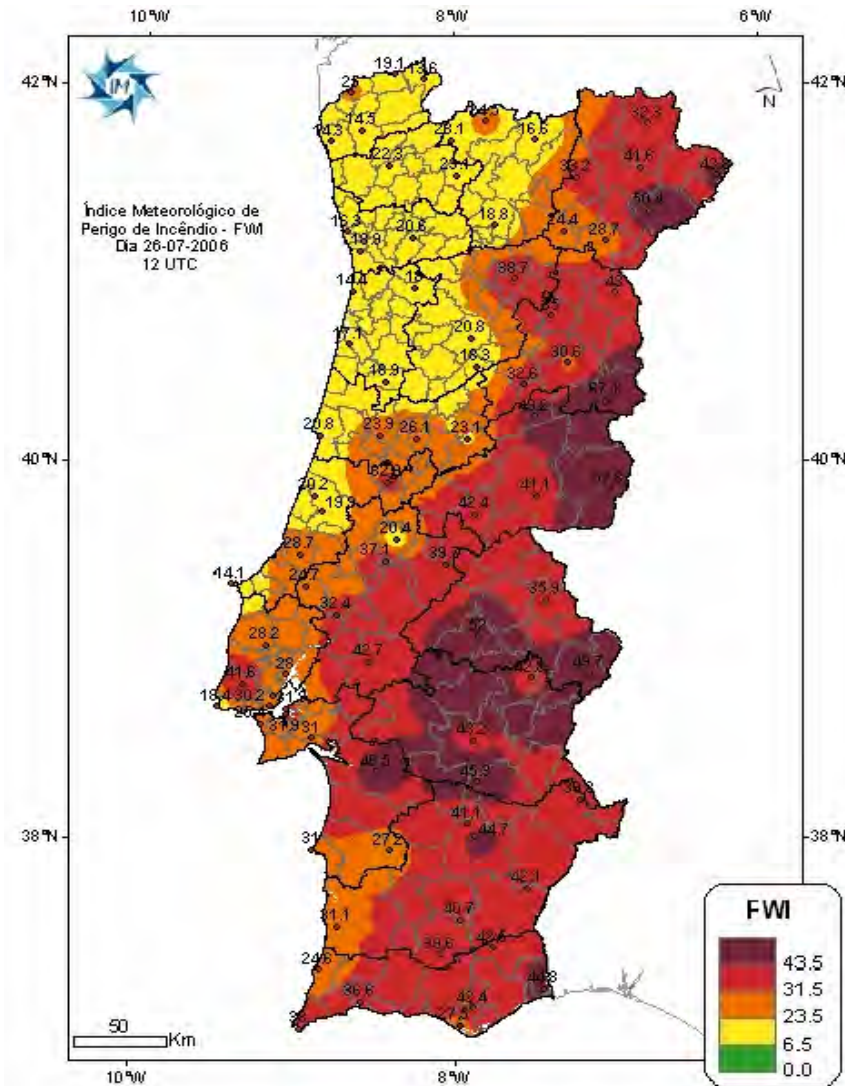
- com passagens entre as 10UTC e as 13UTC para que o ângulo zenital solar não seja superior a 55°
- escolhida a passagem com o menor valor do ângulo zenital de observação do satélite sobre Portugal.

Para o cálculo do ICRIF utiliza-se em cada pixel o valor corresponde ao máximo do valor de NDVI obtido nos 10 dias anteriores (**10 dias deslizantes**).



à frente do nosso tempo

ICRIF: FWI



O índice meteorológico de risco de incêndio florestal (FWI – *Fire Weather Index*) é diariamente calculado pelo IM, com base nos parâmetros meteorológicos observados às 12 UTC.

Os cálculos, são efectuados para 85 estações meteorológicas da rede de estações do IM em Portugal Continental, estando actualmente complementado com a informação obtida em mais cerca de 20 estações meteorológicas da rede de estações do INAG (Instituto da Água, I.P.).

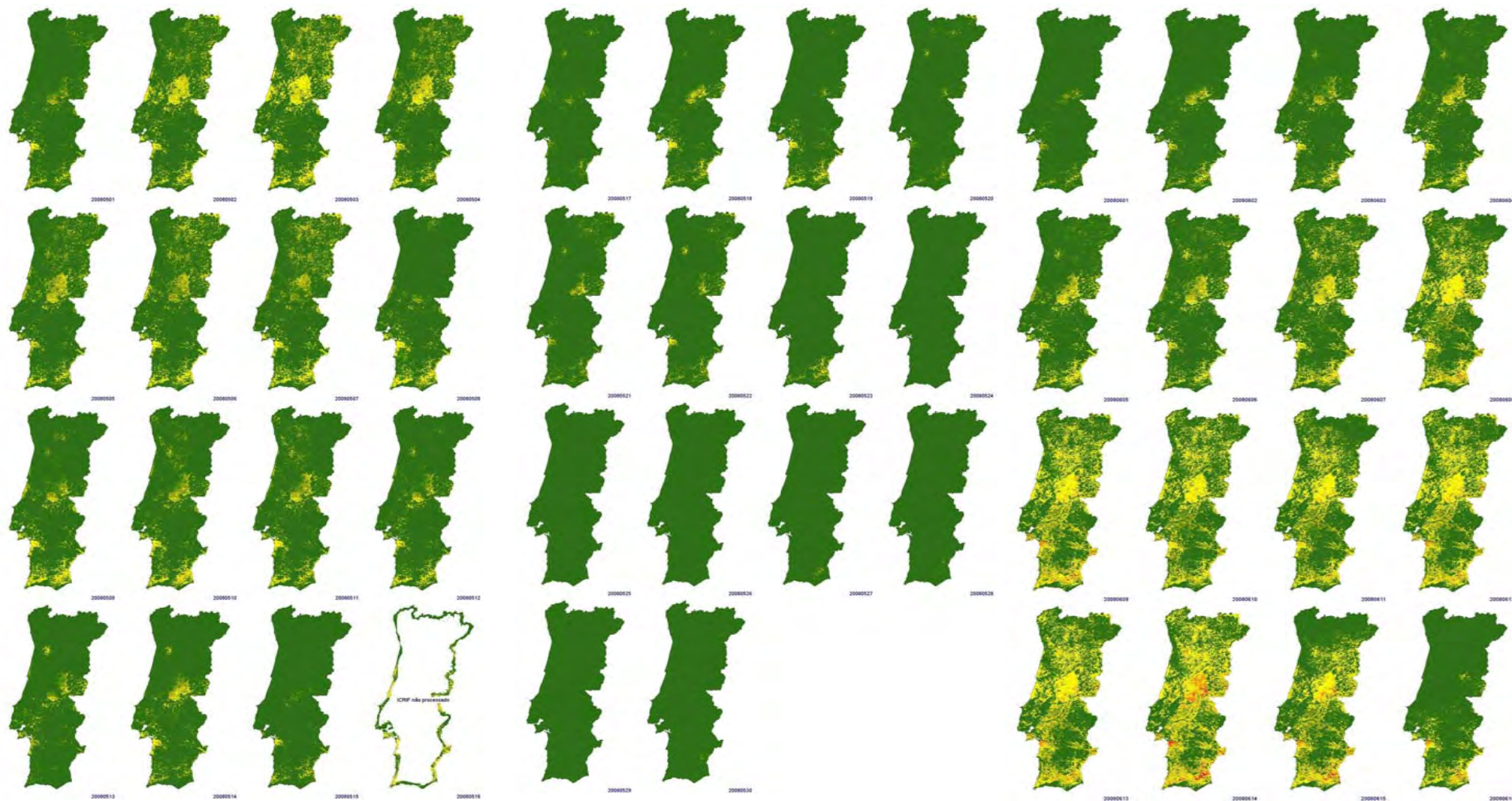


- Introdução
- Incêndios florestais em Portugal
- ICRIF
- Exemplos 2006 a 2008
- Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007
- Conclusões e trabalho futuro



à frente do nosso tempo

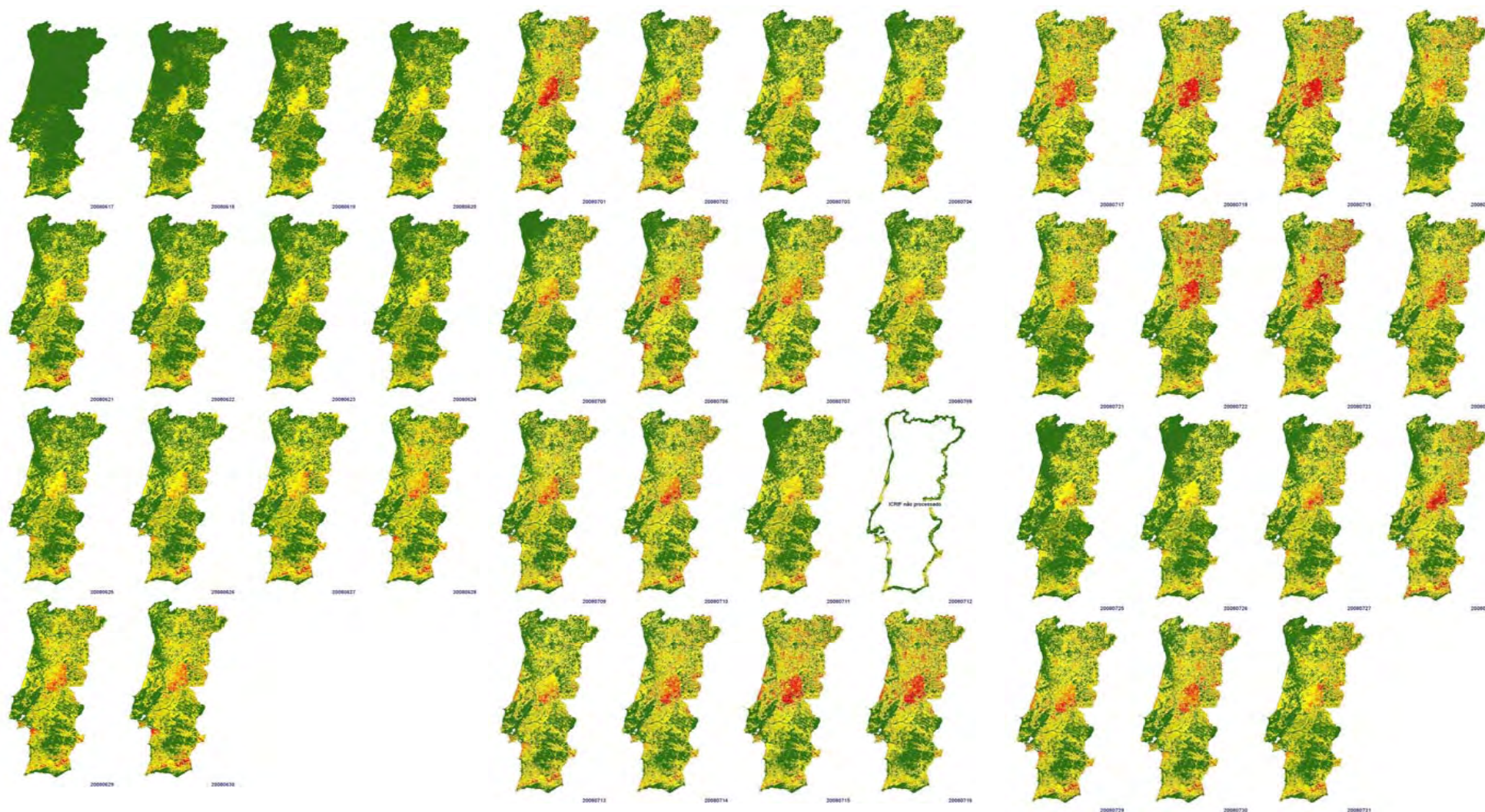
ICRIF Exemplos para 2008





à frente do nosso tempo

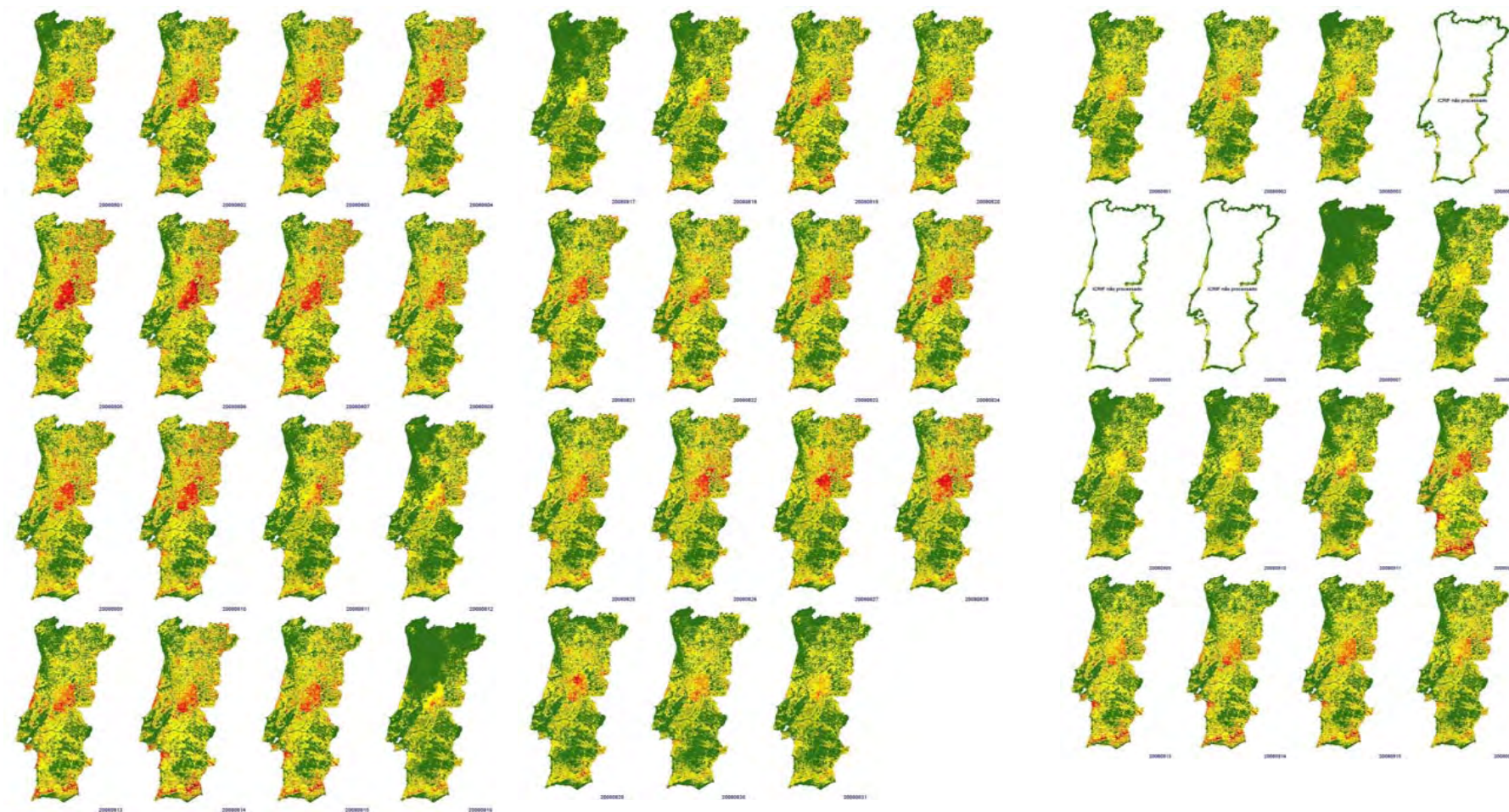
ICRIF Exemplos para 2008





à frente do nosso tempo

ICRIF Exemplos para 2008

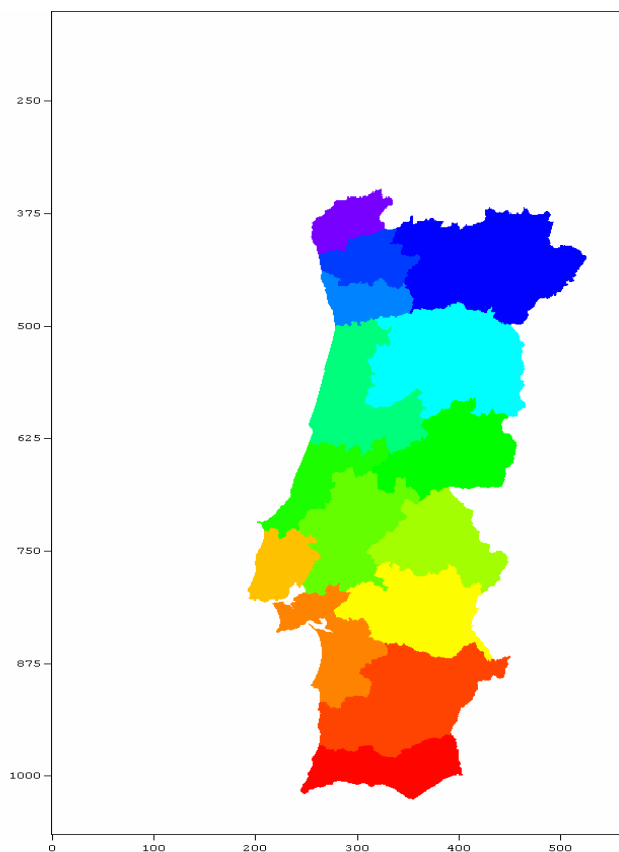




à frente do nosso tempo

Seleccção de Distritos

Distritos

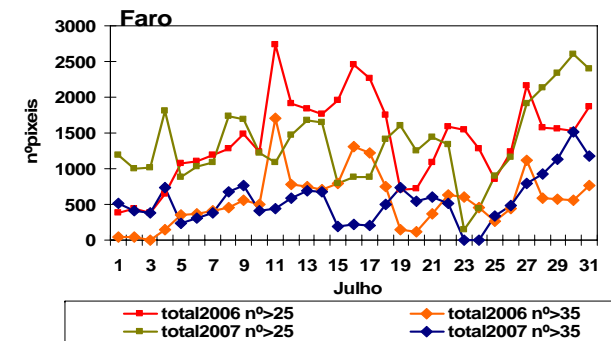
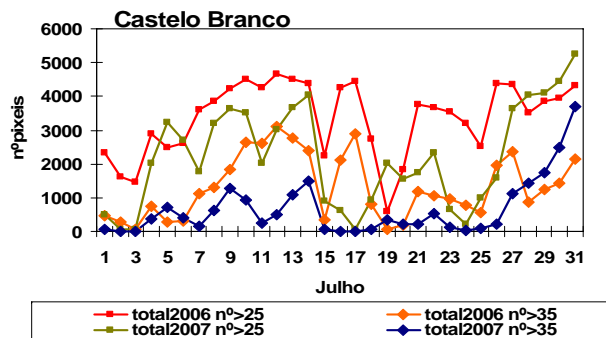
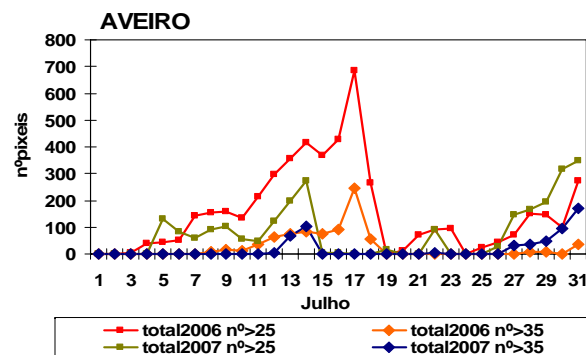
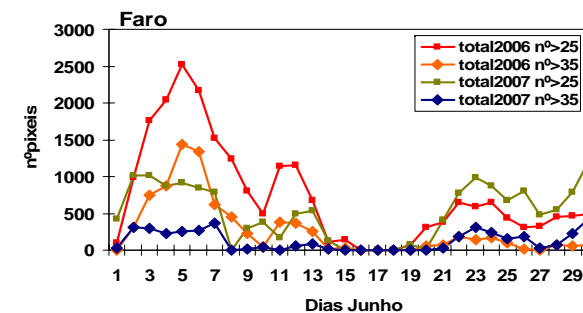
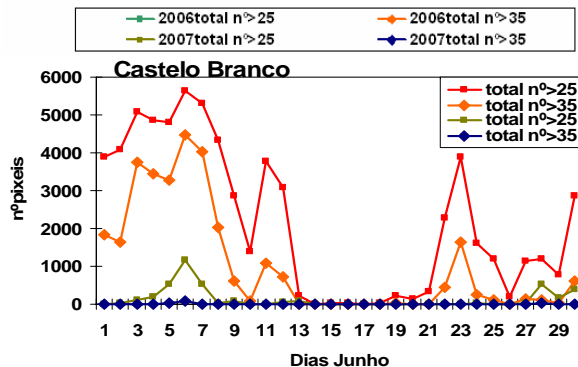
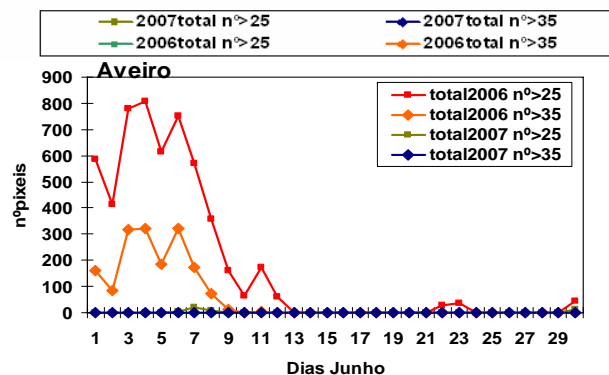
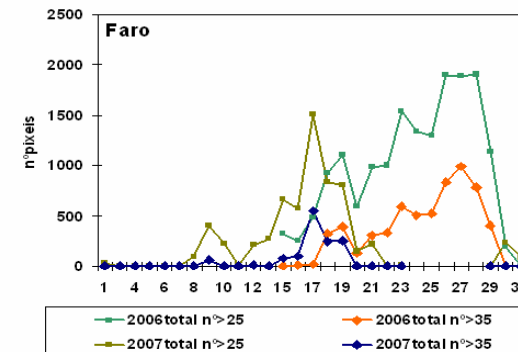
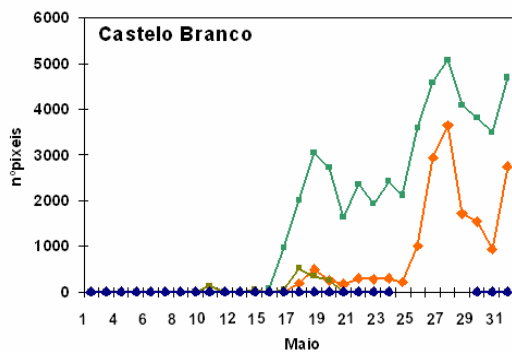
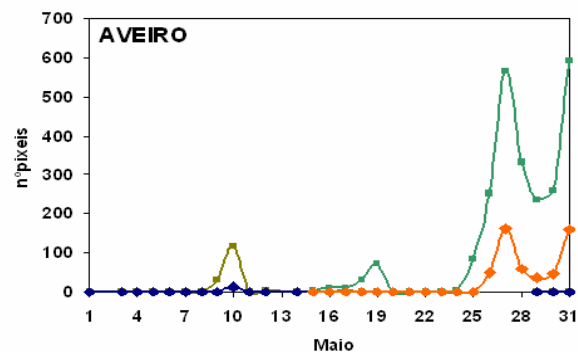


Distrito	#Pixels
V. Castelo	3299
Bragança	9700
V. Real	6341
Braga	3980
Porto	3383
Guarda	7917
Viseu	7203
Aveiro	4025
Coimbra	5609
C. Branco	9295
Leiria	4889
Santarem	9249
Portalegre	8347
Évora	9982
Lisboa	3823
Setúbal	6763
Beja	13569
Faro	6508



à frente do nosso tempo

Resultados do ICRIF 2006 e 2007

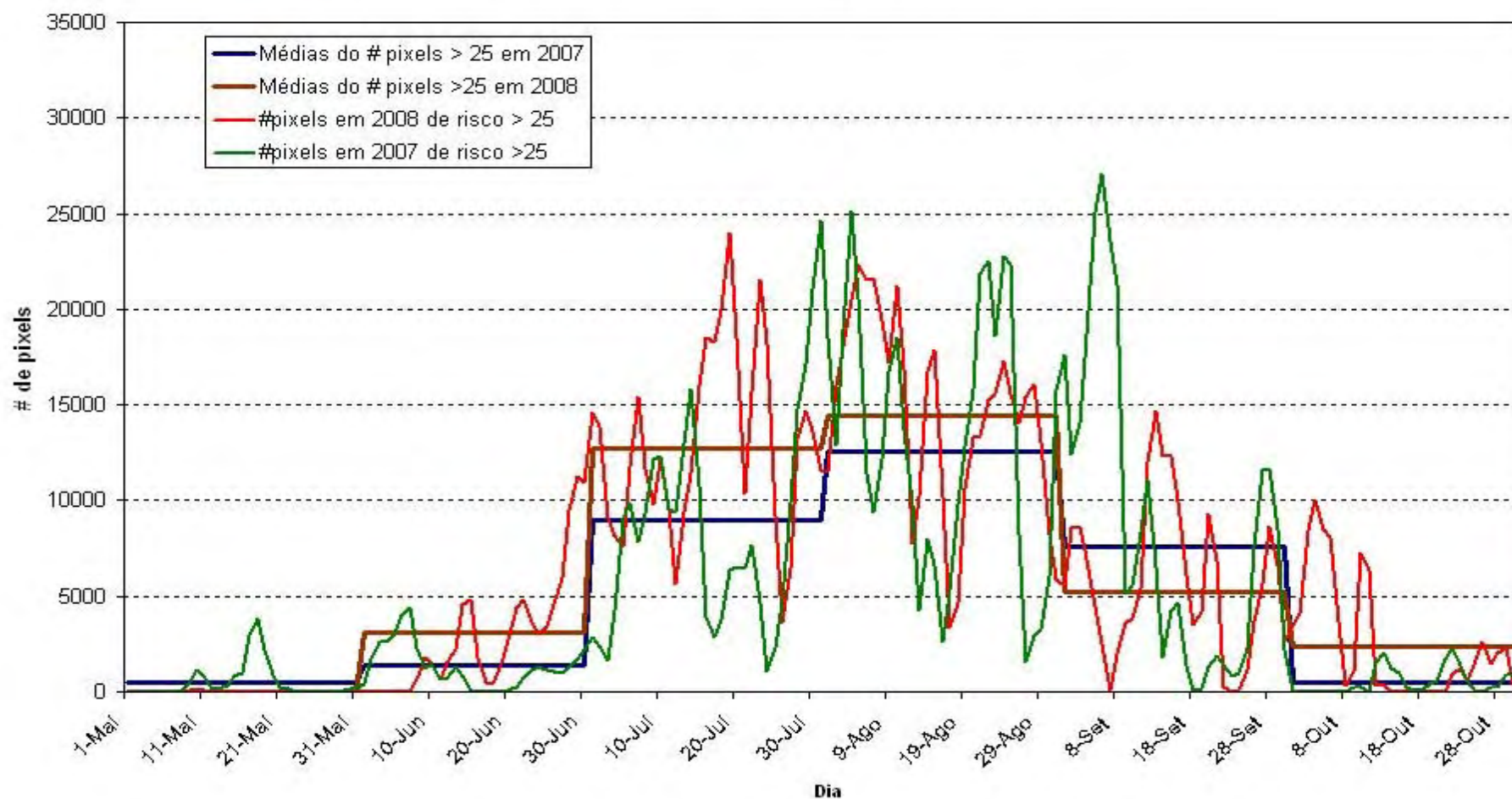


33



Resultados do ICRIF 2007 e 2008

Evolução do número de pixels superior a 25 em 2007 e 2008

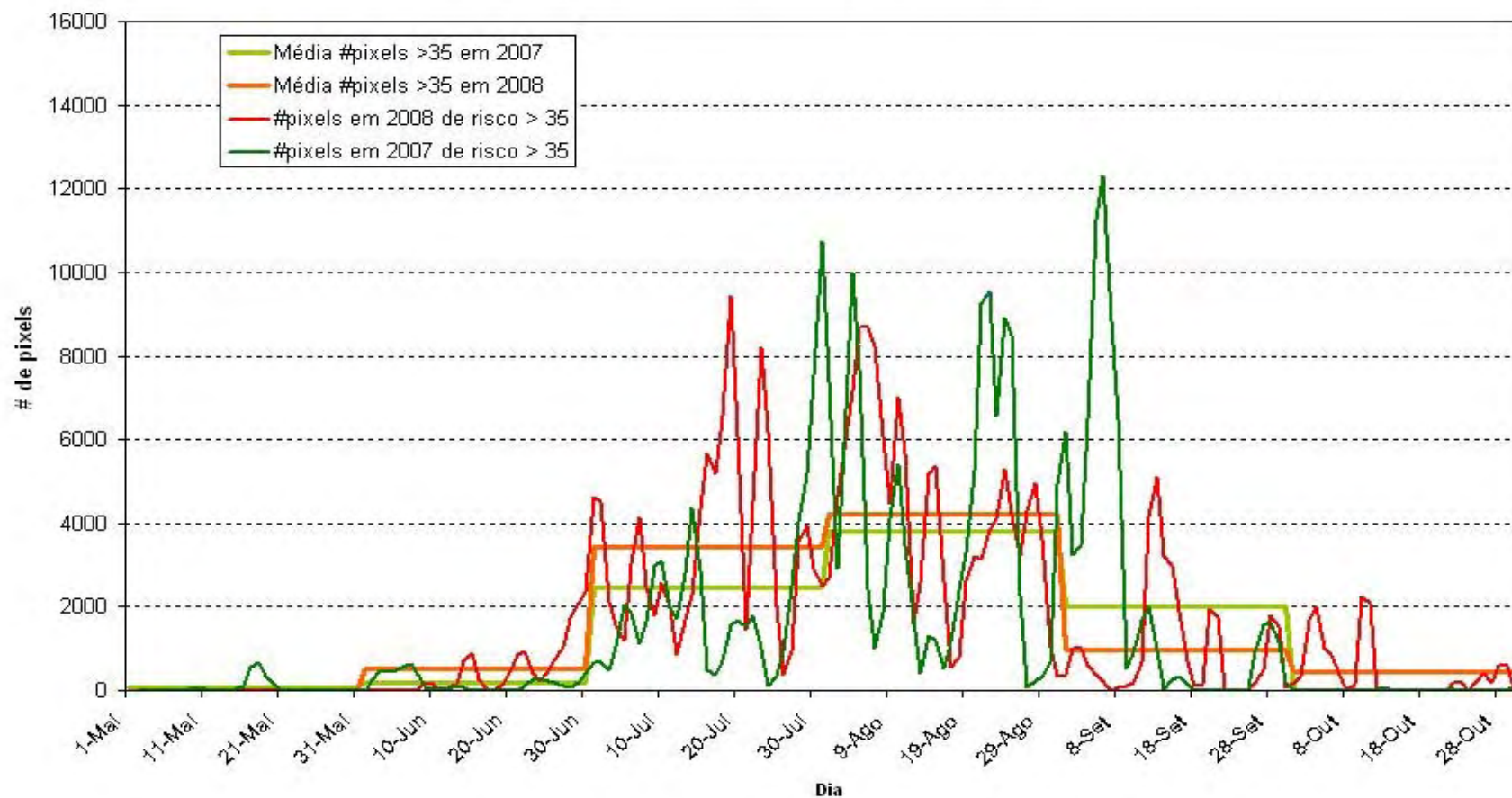




à frente do nosso tempo

Resultados do ICRIF 2007 e 2008

Evolução do número de pixels superior a 35 em 2007 e 2008





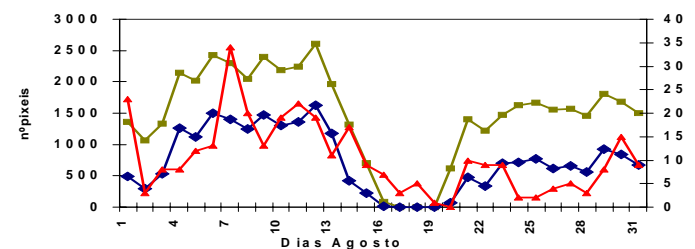
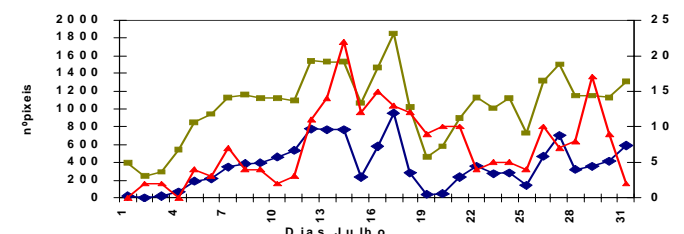
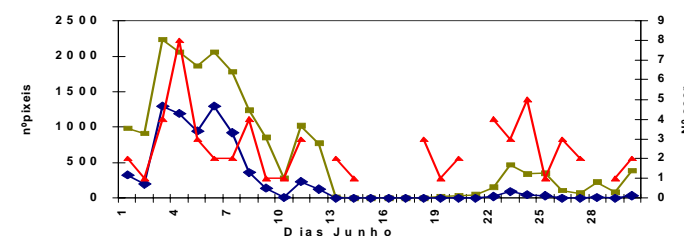
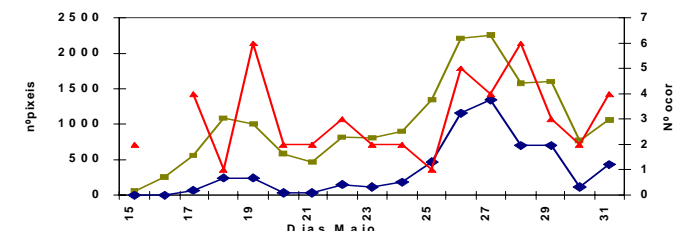
à frente do nosso tempo

ICRIF vs N° de Ocorrências

Correlação entre o número de pixels com ICRIF >25 e o número de ocorrências de fogos florestais em 2006

	Maio	Junho	Julho	Agosto
Aveiro	94%	84%	60%	91%
Braga	52%	87%	50%	95%
Bragança	-	72%	-	72%
Coimbra	68%	68%	63%	85%
Porto	93%	76%	77%	86%
Santarém	50%	45%	56%	62%
V.Castelo	74%	68%	-	82%
V.Real	80%	88%	51%	74%
Viseu	67%	84%	61%	78%

total n°>25 total n°>35 n° de ocorrências



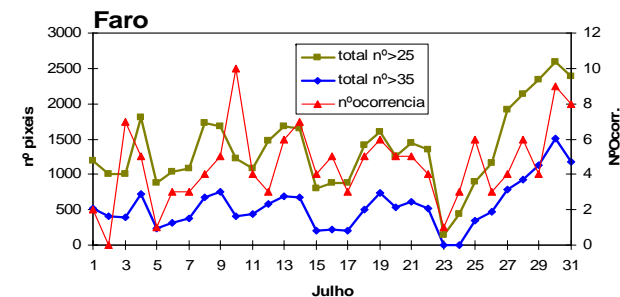
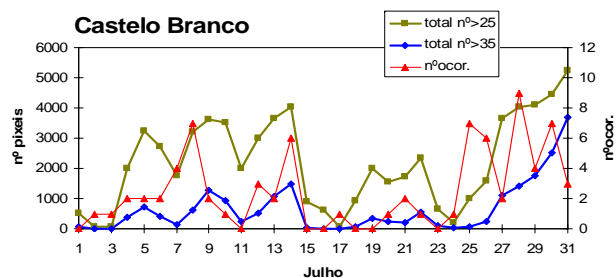
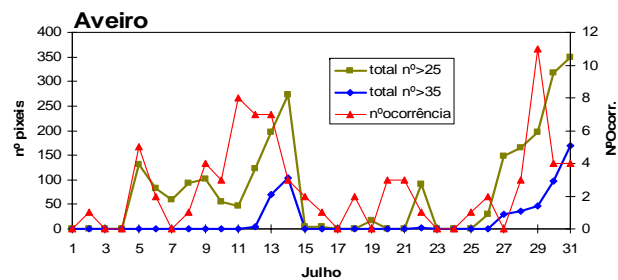
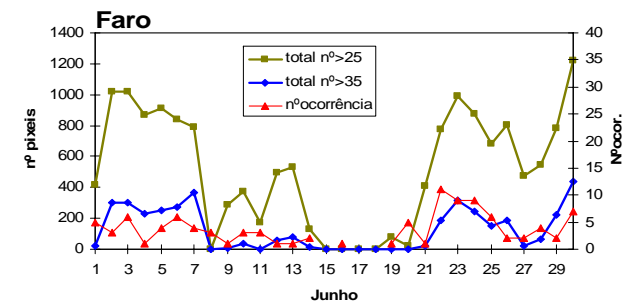
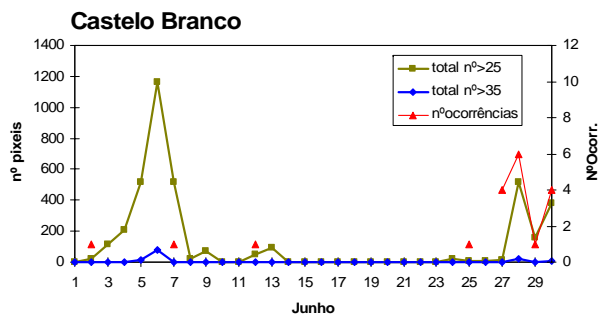
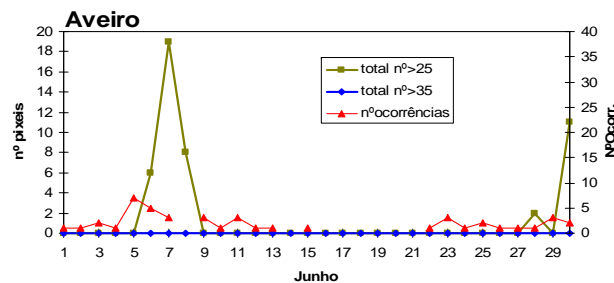
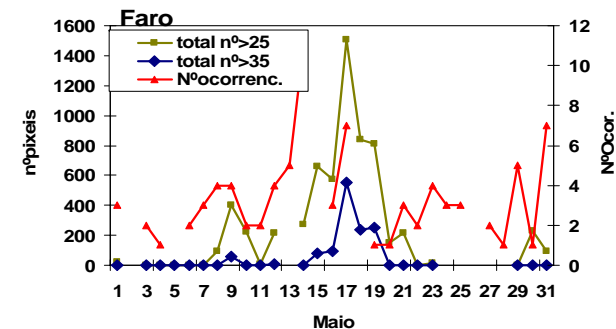
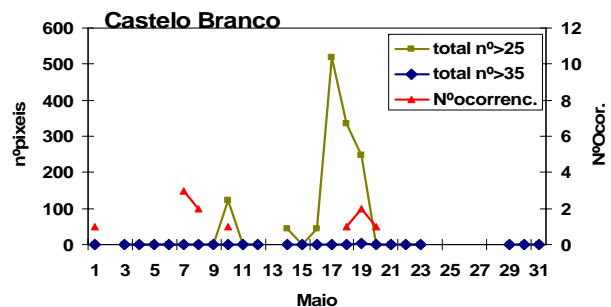
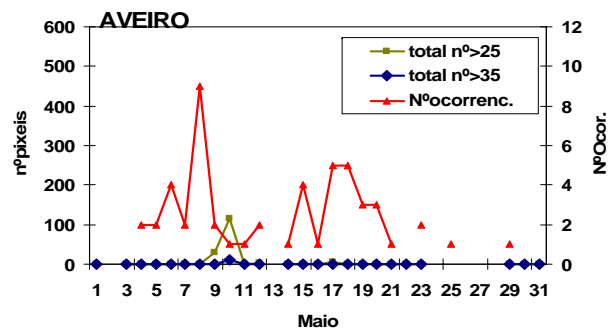
Santarém 2006

36



à frente do nosso tempo

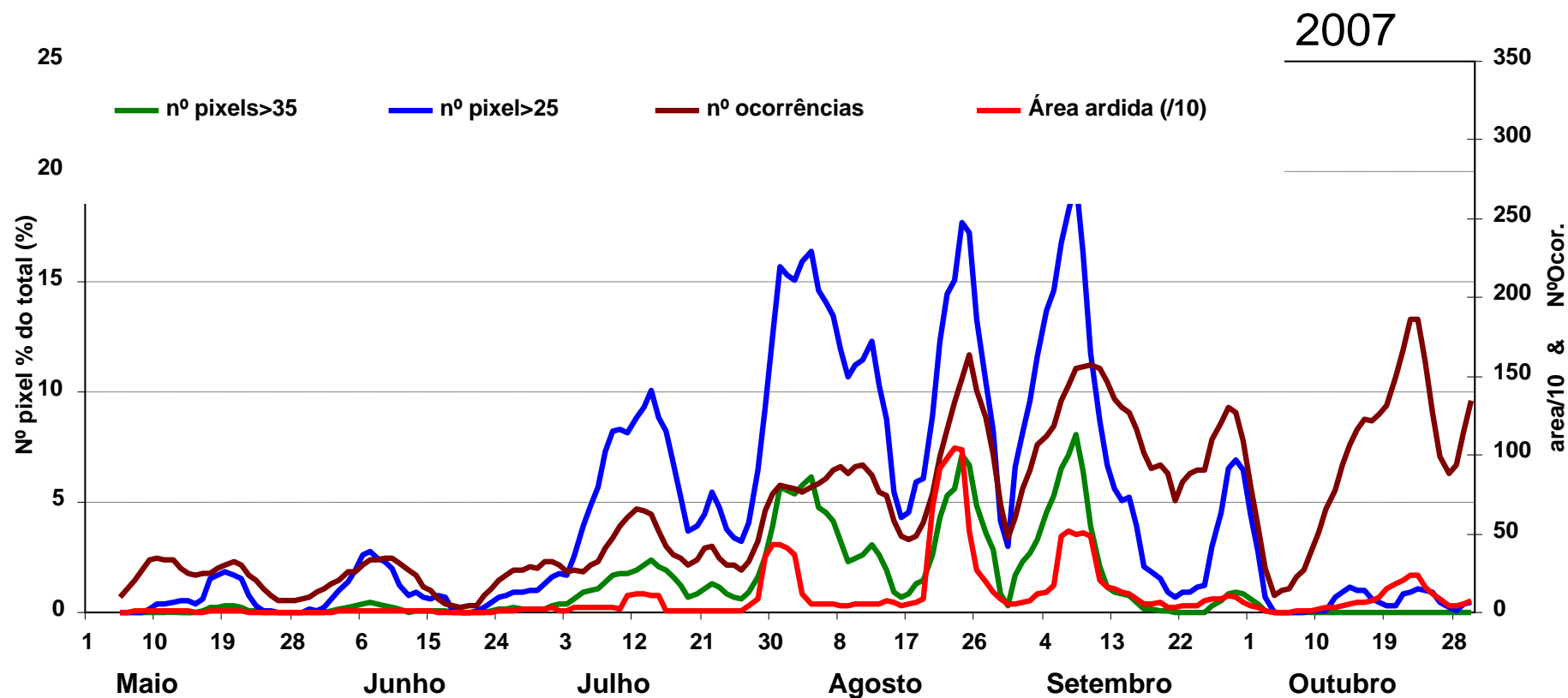
ICRIF vs N° de Ocorrências





à frente do nosso tempo

ICRIF vs N^o de Ocorrências /Áreas ardidas





- ❑ O ICRIF mostra resultados bem relacionados com o risco de incêndios florestais. Em geral, há boas correlações entre valores elevados de ICRIF e valores elevados de número de ocorrências ou áreas ardidas.
- ❑ É possível valores elevados de ICRIF sem ocorrência de fogos florestais, mas se há fogos florestais o ICRIF mostra áreas de valores elevados ou muito elevados.



à frente do nosso tempo

Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007

- Introdução
- Incêndios florestais em Portugal
- ICRIF
- Exemplos 2006 a 2008
- Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007
- Conclusões e trabalho futuro



Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007

O ICRIF começou a ser operacionalmente processado no IM apenas em 2006

A validação do ICRIF fez sentir a necessidade de reprocessamento:

- para validação
- definir os limites para o risco levado de incêndio florestal

O ICRIF foi reprocessado para o período 1998-2007, período para o qual existe calculado o FWI



Com base neste reproprocessamento foram calculados de Maio a Outubro:

- o valor médio do ICRIF (por pixel)
- o máximo do valor médio do ICRIF por Distrito (selecção do pixel)
- o valor máximo do ICRIF (por pixel)
- o máximo valor máximo do ICRIF por Distrito (selecção do pixel)



à frente do nosso tempo

Período 1998-2007

Com base no reprocessamento foram calculados de Maio a Outubro :

- o valor médio mensal do número de pixels com valor de ICRIF superior aos patamares 25 e 35 (por Distrito)
- comparação entre a anomalia do valor máximo do número de pixels com ICRIF superior a 25/35 e a anomalia da área ardida, para os anos de 2001 a 2006

Considera-se anomalia à diferença entre o valor no mês e a média do valor obtido para o período 1998-2007

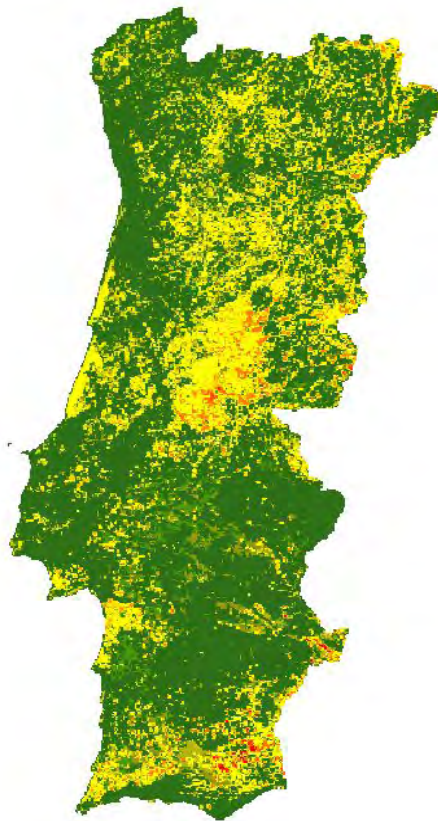


à frente do nosso tempo

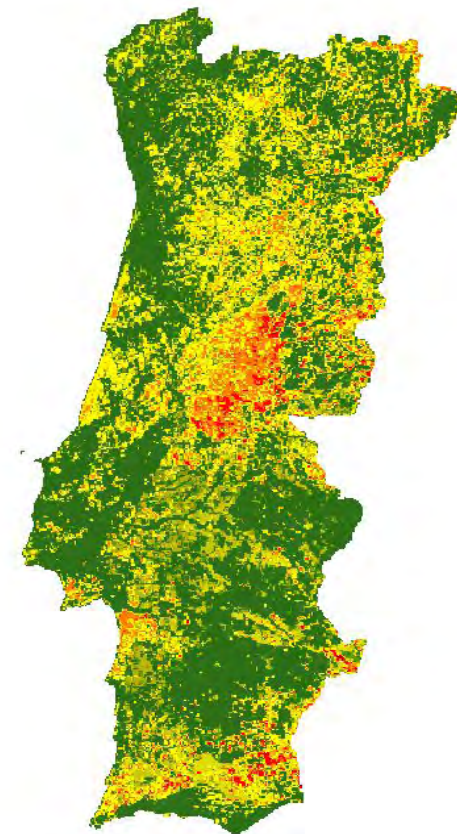
Valor médio do ICRIF (por pixel)



Maio



Junho

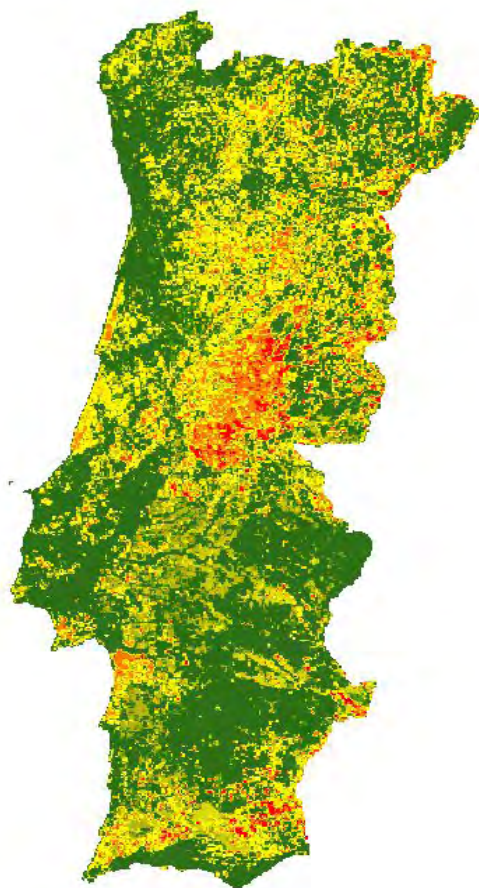


Julho

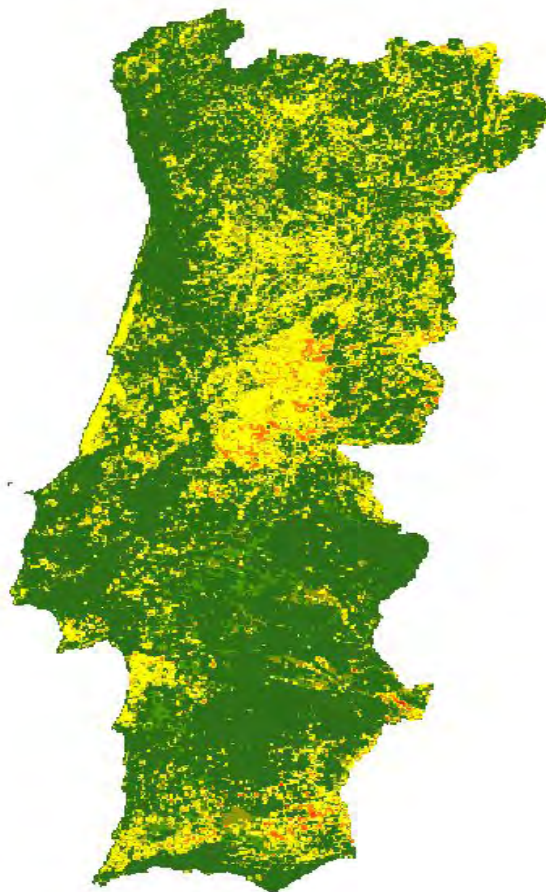


à frente do nosso tempo

Valor médio do ICRIF (por pixel)



Agosto



Setembro



Outubro



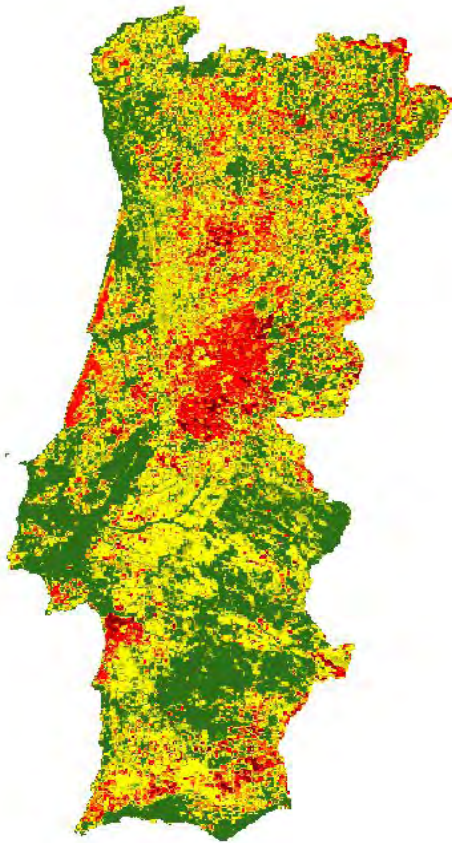
Máximo do Valor Médio do ICRIF

Distrito	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
V. Castelo	9	16	21	25	20	9
Bragança	16	33	40	42	29	13
V. Real	14	27	33	36	25	11
Braga	11	21	26	29	20	9
Porto	11	21	26	29	20	9
Guarda	12	26	33	35	25	11
Viseu	15	31	41	43	29	15
Aveiro	12	22	28	31	22	11
Coimbra	15	28	37	38	27	13
C. Branco	21	36	48	47	33	16
Leiria	15	25	35	36	26	13
Santarém	19	35	46	45	32	17
Portalegre	18	33	44	45	32	15
Évora	24	40	53	50	36	21
Lisboa	16	26	35	36	27	15
Setúbal	20	34	43	43	31	20
Beja	25	42	55	52	37	24
Faro	24	41	50	47	35	23

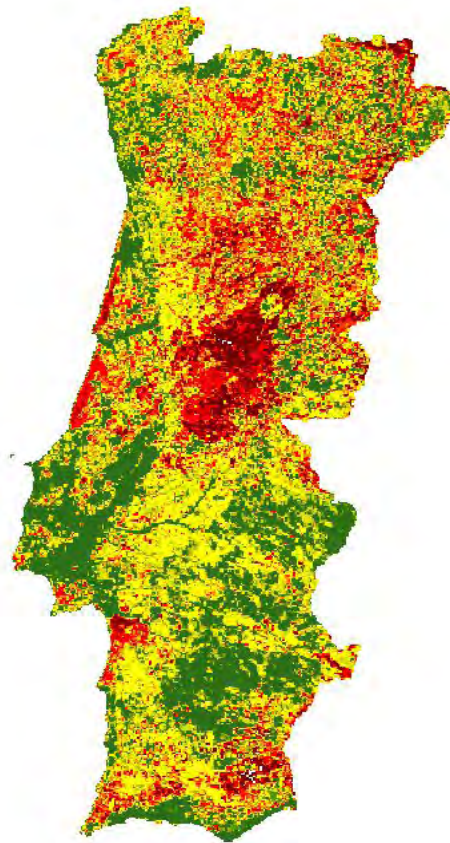


à frente do nosso tempo

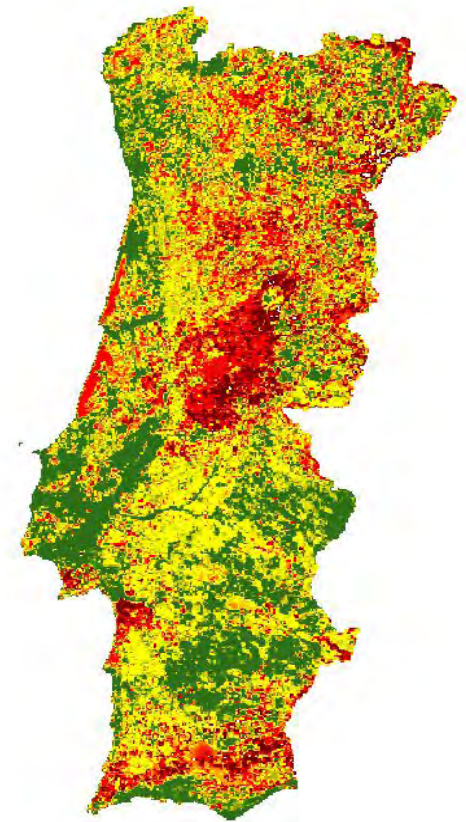
Valor máximo do ICRIF (por pixel)



Maio



Junho

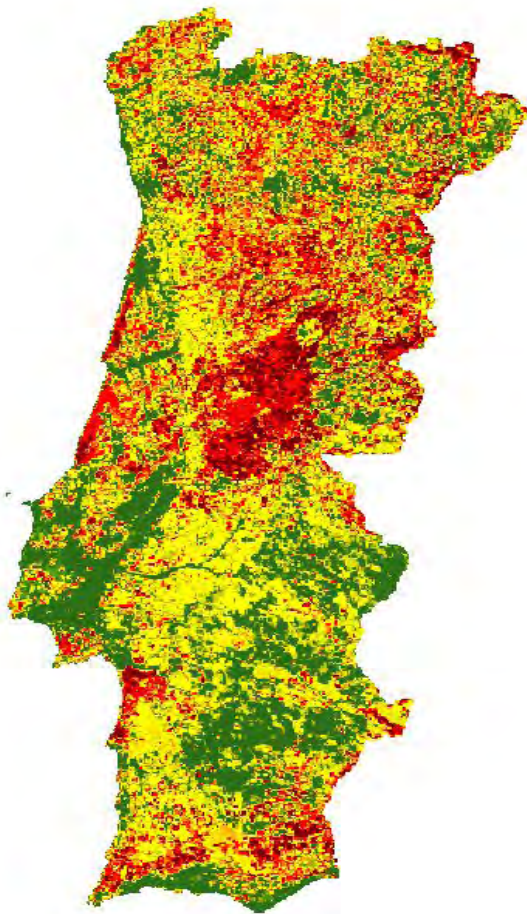


Julho

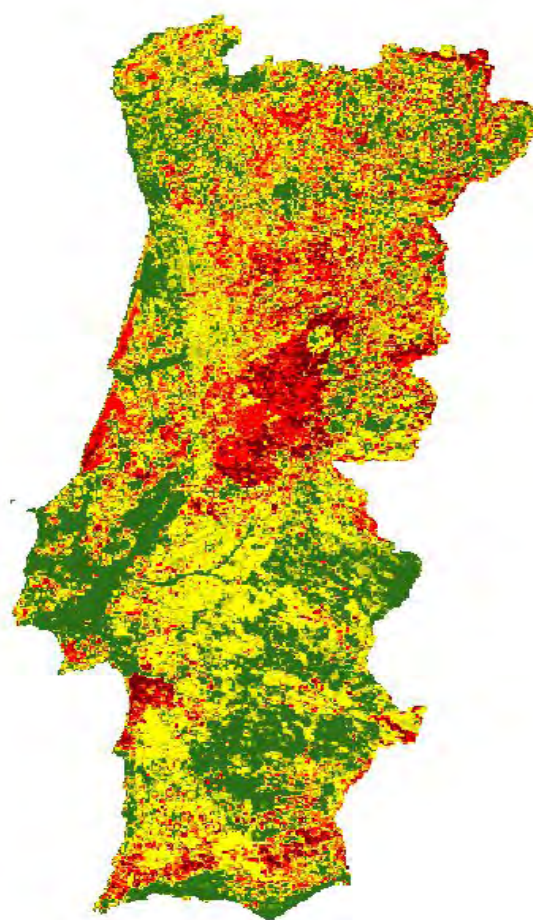


à frente do nosso tempo

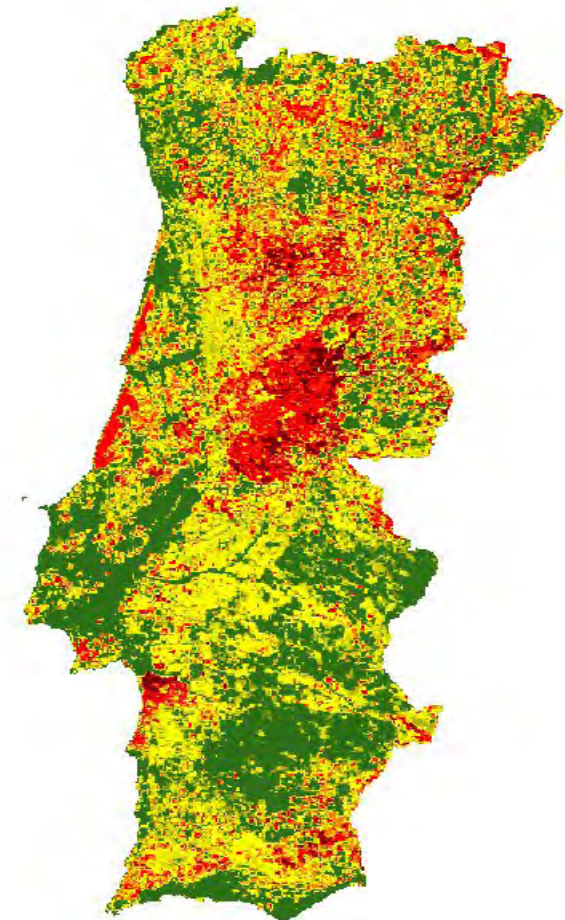
Valor máximo do ICRIF (por pixel)



Agosto



Setembro



Outubro



Máximo Absoluto do ICRIF

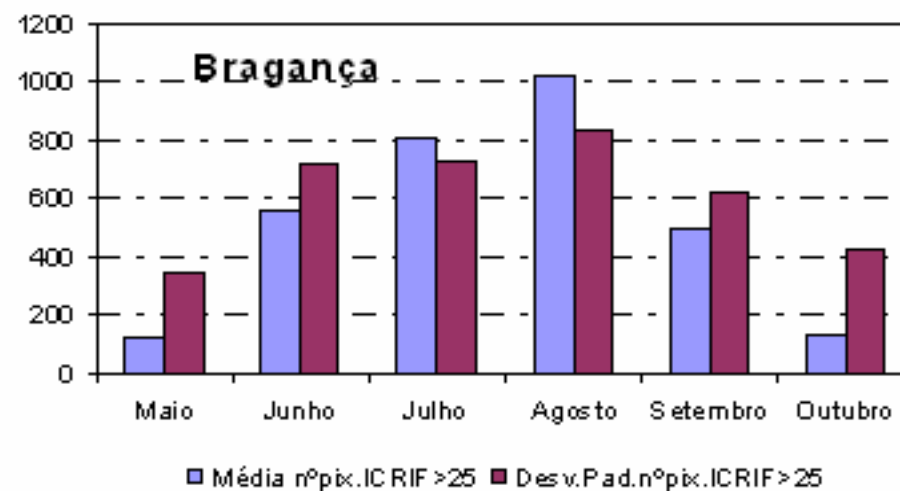
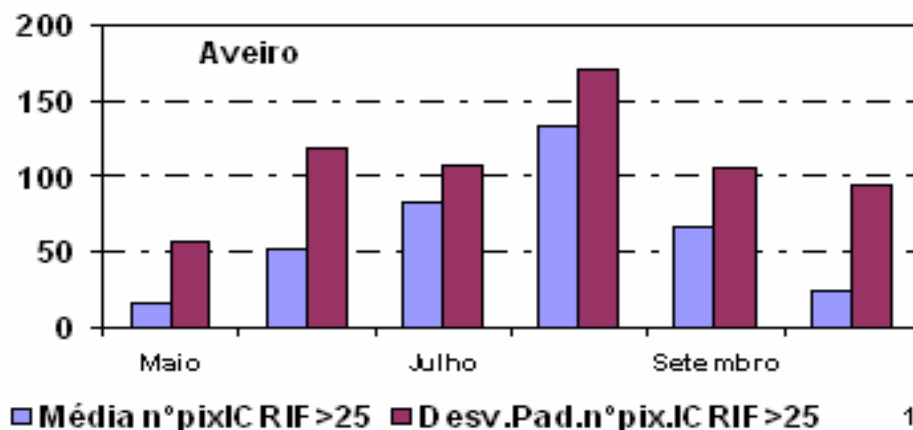
Distrito	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
V. Castelo	42	53	53	64	52	48
Bragança	91	100	127	109	81	84
V. Real	61	71	87	67	70	63
Braga	50	56	56	67	60	53
Porto	58	72	51	74	61	63
Guarda	73	79	75	81	78	86
Viseu	52	106	115	107	100	75
Aveiro	48	60	62	62	59	59
Coimbra	55	114	72	84	82	66
C. Branco	79	96	119	105	90	102
Leiria	58	76	73	78	69	66
Santarém	72	89	95	86	82	76
Portalegre	61	91	82	87	84	76
Évora	84	90	93	93	89	86
Lisboa	53	92	62	75	68	63
Setúbal	75	75	84	85	92	80
Beja	82	111	112	96	90	68
Faro	73	126	107	92	82	64



à frente do nosso tempo

Valor médio mensal do número de pixels com ICRIF superior a patamares

Valor médio mensal do número de pixels com valor de ICRIF superior a 25 (1998-2007), por Distrito.

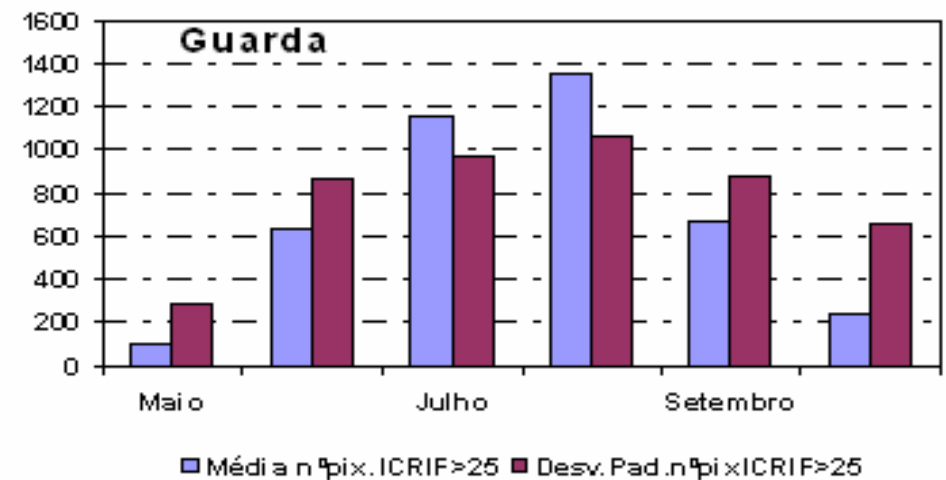
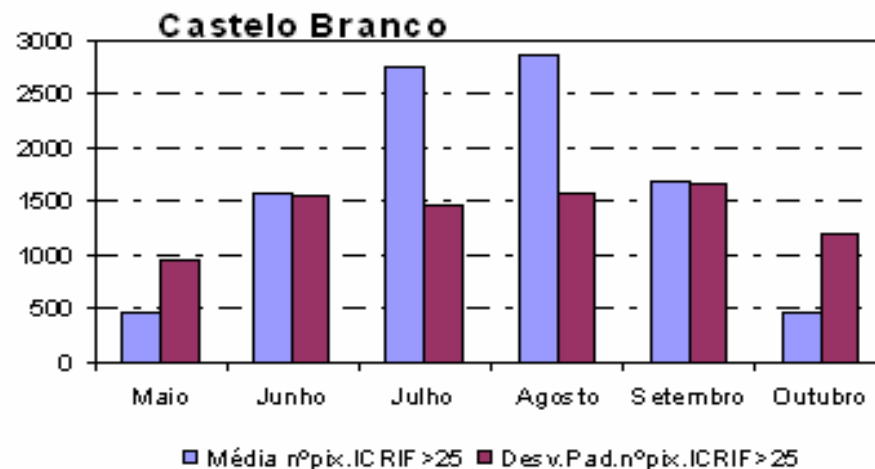




à frente do nosso tempo

Valor médio mensal do número de pixels com ICRIF superior a patamares

Valor médio mensal do número de pixels com valor de ICRIF superior a 25 (1998-2007), por Distrito.





à frente do nosso tempo

Comparação ICRIF vs Áreas Ardidas

Para efeitos de validação compara-se:

A anomalia do valor máximo do número de pixels, com ICRIF superior a 25/35, e a anomalia da área ardida, para os anos de 2001 a 2006

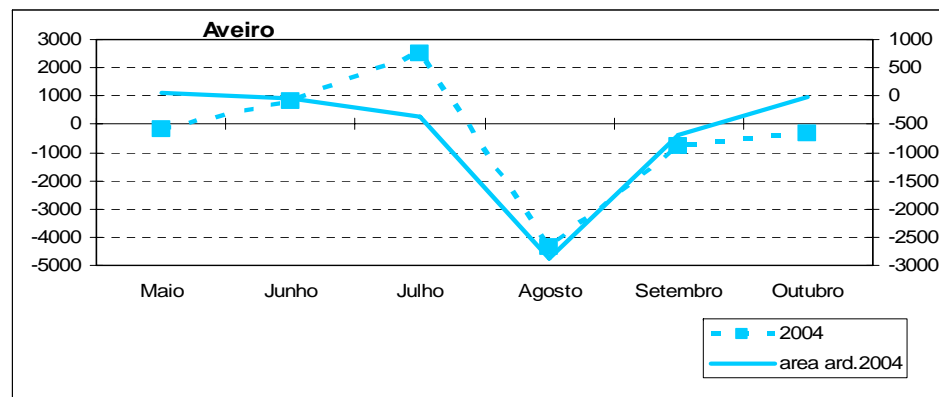
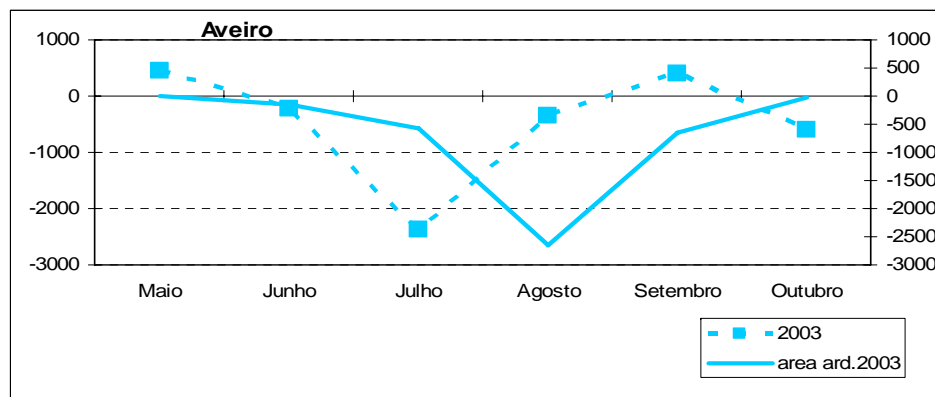
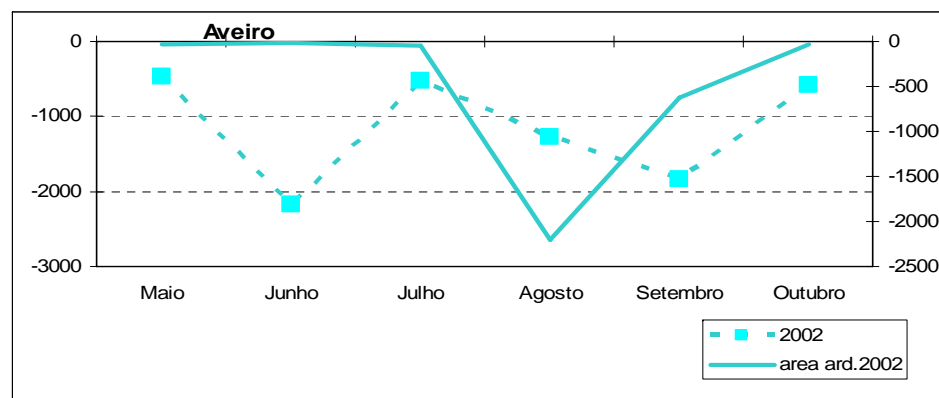
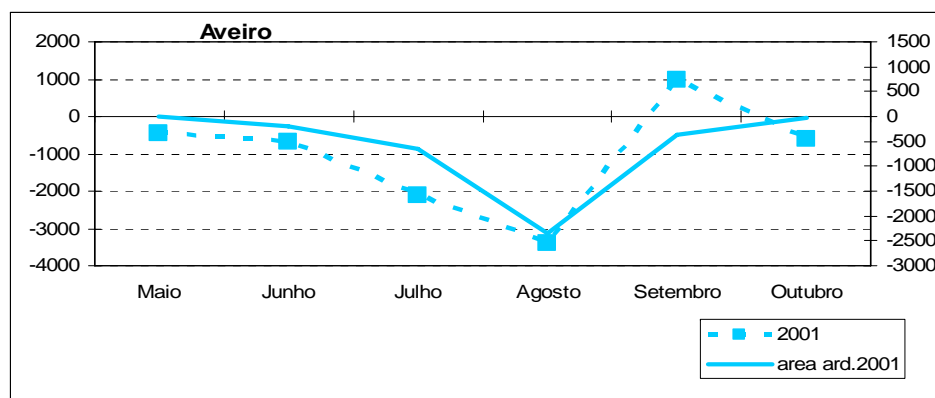
Esta comparação foi feita para todos os Distritos. No entanto apenas se apresentam alguns resultados.



à frente do nosso tempo

Comparação ICRIF vs Áreas Ardidas

Valor mensal para AVEIRO (Maio a Outubro)

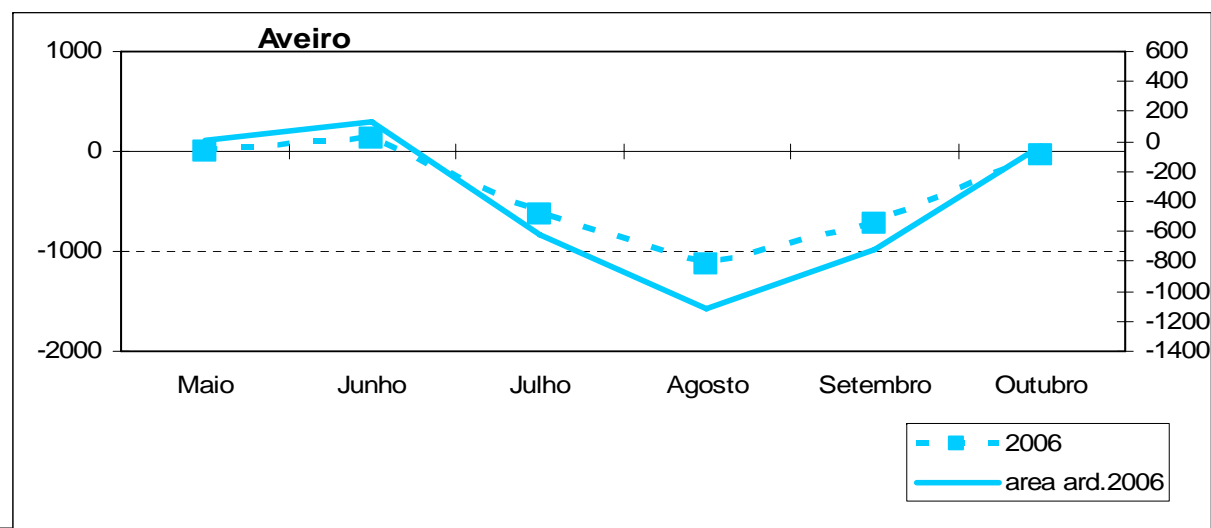
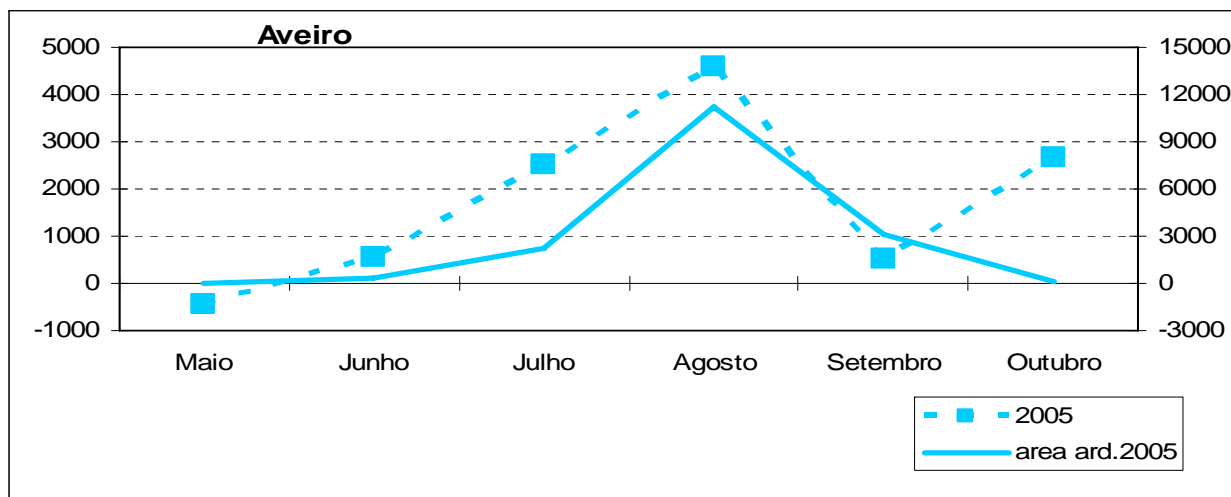




à frente do nosso tempo

Comparação ICRIF vs Áreas Ardidas

Valor mensal para AVEIRO (Maio a Outubro)

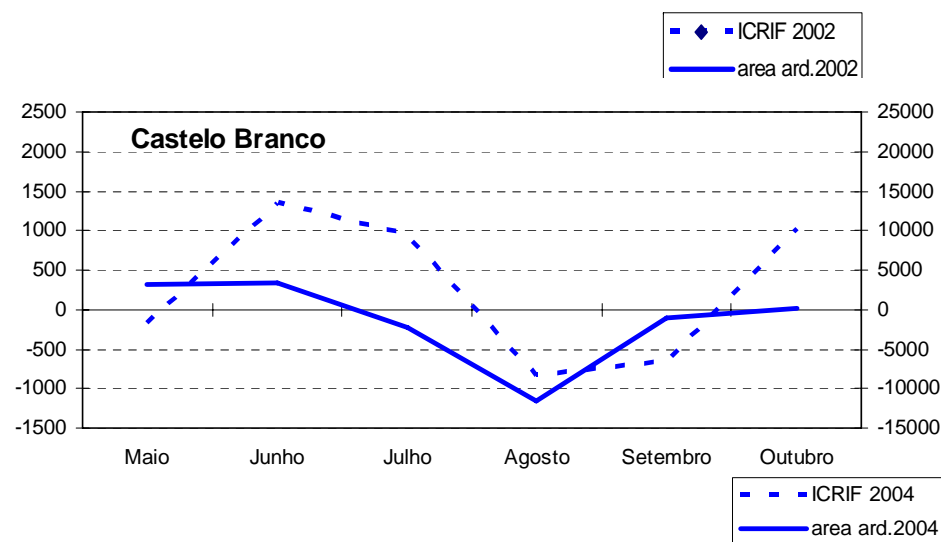
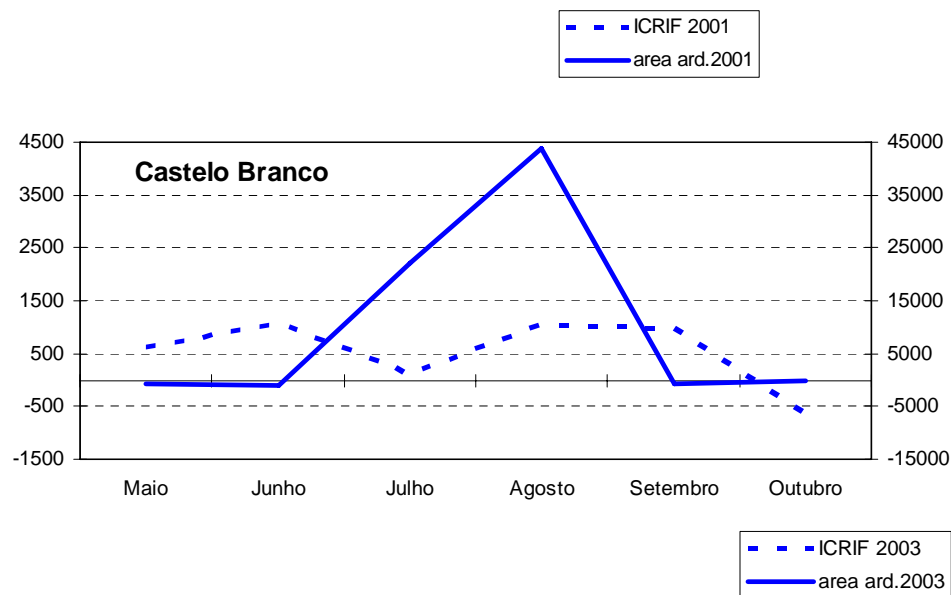
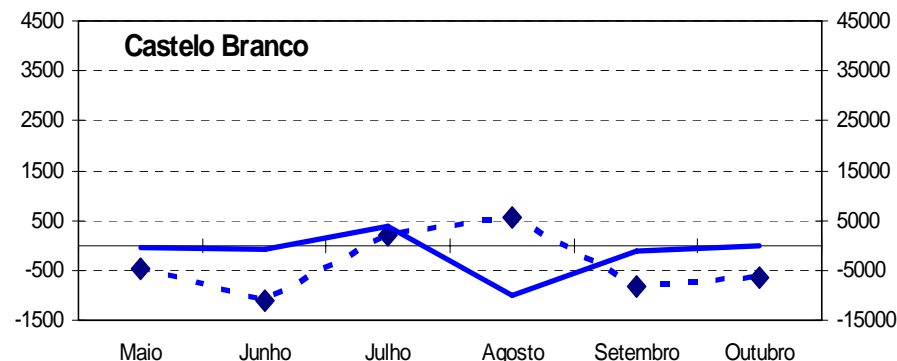
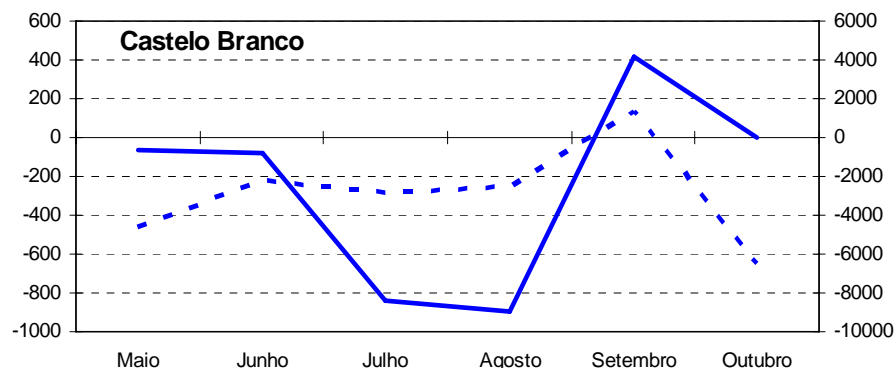




à frente do nosso tempo

Comparação ICRIF vs Áreas Ardidadas

Valor mensal para Castelo Branco (Maio a Outubro)

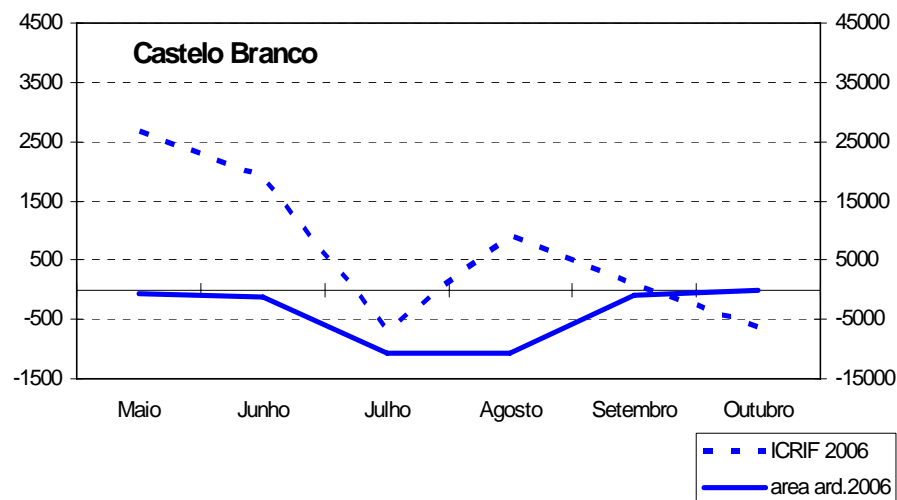
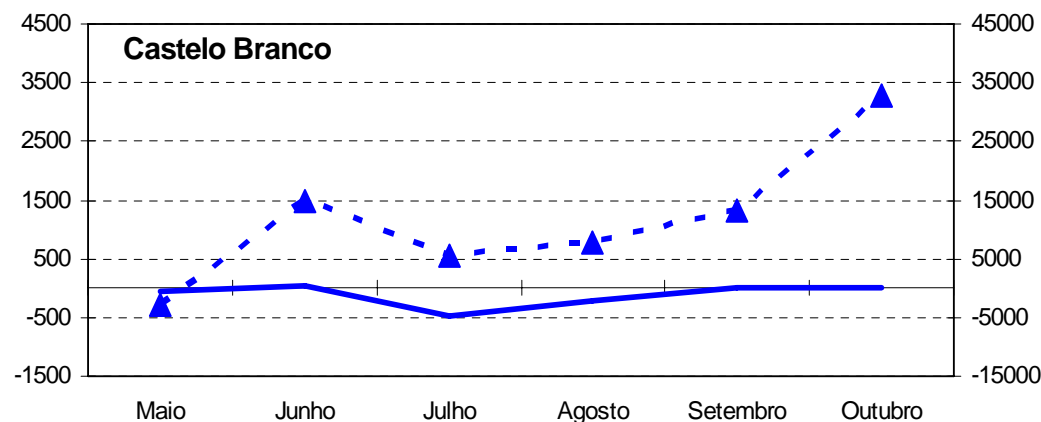




à frente do nosso tempo

Comparação ICRIF vs Áreas Ardidas

Anomalia ICRIF versus anomalia área ardida (valor mensal) Castelo Branco





Alguns Problemas:

- O registo dos incêndios florestais apresentam alguns problemas, variáveis de Distrito para Distrito e dependentes também do período de recolha



à frente do nosso tempo

Conclusões e Trabalho Futuro

- Introdução
- Incêndios florestais em Portugal
- ICRIF
- Exemplos 2006 a 2008
- Reprocessamento do ICRIF 1998 a 2007
- Conclusões e trabalho futuro



Conclusões e Trabalho Futuro

- ❑ O ICRIF mostra resultados bem relacionados com o risco de incêndios florestais. A anomalia do número de pixels com ICRIF superior a 25/35 mostra ser um razoável indicador do risco de incêndios florestais.
- ❑ O valor médio do ICRIF varia significativamente entre Maio e Outubro, com o máximo, em geral, em Julho/Agosto.
- ❑ O desvio padrão é muitas vezes superior ao valor médio, em especial nos meses de Maio/Junho e Setembro/Outubro, onde a variabilidade inter-anual é maior.
- ❑ O valor máximo do ICRIF tem uma variação menor ao longo do ano, indicando para o período de análise (1998-2007), anos em que o valor máximo de Maio se aproxima dos valores de Agosto.



à frente do nosso tempo

Conclusões e Trabalho Futuro

TRABALHO FUTURO

Validação

Procurar estabelecer estatisticamente uma melhor ligação entre o risco e os incêndios florestais

- ☐ Melhorar a série de incêndios florestais
- ☐ Continuar o estudo da série de áreas ardidas por Distrito, por localização
- ☐ Analisar estatisticamente a série reprocessada do ICRIF por Distrito
- ☐ Relacionar os grandes incêndios florestais com o índice ICRIF