

# Estimativa da quantidade de Carbono libertado para a atmosfera em Portugal, por acção de incêndios florestais, com base em produtos LSA SAF

Luís Pessanha <sup>(1)</sup>, Lourdes Bugalho <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Meteorologia, [Luis.Pessanha@meteo.pt](mailto:Luis.Pessanha@meteo.pt)

<sup>(2)</sup> Instituto de Meteorologia, [Lourdes.Bugalho@meteo.pt](mailto:Lourdes.Bugalho@meteo.pt)

## Resumo

As características espectrais, resolução temporal e cobertura dos satélites meteorológicos, permitem, para além da monitorização, vigilância e previsão do tempo, a sua utilização noutras áreas de actividade, como por exemplo, em aplicações de monitorização do clima, no apoio à agricultura e às florestas ou no acompanhamento e monitorização de incêndios florestais.

A exploração do sistema europeu de satélites geostacionários MSG é da responsabilidade da EUMETSAT ([www.eumetsat.int](http://www.eumetsat.int)) que inclui diferentes centros de aplicações satélite, SAF (*Satellite Application Facilities*). O Instituto de Meteorologia (IM) de Portugal responsabiliza-se pela LSA SAF (*Land Surface Analysis Satellite Application Facilities*), assegurando o desenvolvimento de algoritmos para a obtenção de diversos parâmetros biofísicos sobre o solo, tais como fluxos radiativos descendentes de pequeno e grande comprimento de onda (DSSF e DSLF), a temperatura da superfície da terra (LST), diversos parâmetros de vegetação (LAI, FVC, fAPAR) e ainda, a potência dos incêndios florestais (FRP).

Todos estes produtos são operacionalmente calculados, arquivados e gratuitamente distribuídos pelo sistema, em NRT (tempo quase real) e em tempo diferido.

É a partir do FRP (*Fire Radiative Power*) que podem ser estimadas as quantidades de Carbono emitido para a atmosfera. As Figuras 1 e 2 representam a evolução das estimativas da quantidade de Carbono libertada para a atmosfera em Portugal, para os meses de Agosto e Setembro de 2009. Nos gráficos foram também incluídas as áreas ardidas estimadas pela Autoridade Florestal Nacional.

Está também a ser desenvolvida uma aplicação que irá permitir a monitorização diária da quantidade de Carbono libertado.

Prevê-se a utilização destes parâmetros em vários sectores de actividade tal como, no mapeamento da estima de valores de emissões de Carbono nos diversos pontos do país ou para decisões estratégicas que possam diminuir o impacto dos aerossóis resultantes de incêndios florestais na saúde.

## 1. Introdução

As SAFs (*Satellite Applications Facilities*) representam a descentralização de alguns dos serviços da responsabilidade da EUMETSAT (*European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites*) ao criar centros de excelência para o processamento de dados de sistemas satélite, em particular o sistema MSG (*Meteosat Second Generation*) e EPS (*EUMETSAT Polar System*).

As SAFs são responsáveis são centros especializados em diferentes áreas e fazem parte do segmento solo da EUMETSAT. Existem actualmente oito SAFs em diferentes fases de desenvolvimento, cada uma delas dedicada a uma área específica, evitando a sobreposição.

O IM é a organização responsável pela LSA SAF (*Land Surface Analysis SAF*) que se responsabiliza pelo desenvolvimento de algoritmos, bem como o processamento, arquivo e distribuição em tempo

quase real (NRT) ou diferido (*offline*), de um conjunto de produtos biofísicos ao nível solo, tais como os fluxos radiativos descendentes de pequeno e grande comprimento de onda (DSSF e DSLF), a temperatura da superfície da terra (LST), diversos parâmetros de vegetação (LAI, FVC, fAPAR) e ainda, a potência dos incêndios florestais (FRP).

A partir destes parâmetros básicos é possível calcular o balanço radiativo que assume um papel crucial no controlo da humidade do solo e dos processos de evapotranspiração, que por sua vez, dependem do tipo, nível e estado da vegetação e da actividade fotossintética.

Ainda que nem sempre se ajuste a todas as necessidades dos utilizadores, em particular em aplicações que necessitem de maior resolução do que aquela proporcionada por satélites meteorológicos, a sua importância tem vindo a crescer, em particular nas áreas ligadas à monitorização do ambiente e agrometeorologia.

De referir ainda que os produtos são de distribuição gratuita e que existem vários processos de lhes aceder: acedendo directamente à distribuição via EUMETCast, através da página Web ([landsaf.meteo.pt](http://landsaf.meteo.pt)) ou por distribuição directa via ftp para utilizadores regulares.

Existem 4 produtos da responsabilidade da LSA SAF e relacionados com fogos florestais na Tabela I, apresentam-se os produtos e o estado actual; a Tabela II apresenta-se em sumário algumas das características destes produtos.

Tabela I

Acrónimo	Nome do produto	Estado
FD&M	<i>Fire Detection and Monitoring</i>	Desenvolvimento
RFM	<i>Risk of Fire Map</i>	Desenvolvimento
FRPPixel	<i>Fire Radiative Power</i>	Operacional
FRP-GRID	<i>Fire Radiative Power – Gridded</i>	Desenvolvimento (a operacional durante o corrente ano)

Tabela II

Acrónimo	Frequência de processamento	Observações
FD&M	15 Minutos	Identificação de pixels potencialmente contaminados com incêndios na Europa e em África
RFM	Diário	Índice relacionado com o risco meteorológico de incêndio
FRPPixel	15 Minutos	Potência dos fogos em cada pixel e à resolução MSG
FRP-GRID	Horário	Potência dos fogos numa grelha de 5° de resolução

Apenas o produto FRPPixel se encontra neste momento classificado como operacional com distribuição de 15 em 15 minutos via EUMETCast ou *offline*.

Esta apresentação pretende demonstrar a possibilidade da utilização do FRPPixel no cálculo da quantidade de Carbono libertado para a atmosfera em Portugal por incêndios florestais.

## 2. FIRE RADIATIVE POWER (FRP)

O FRP, pretende estimar a potência dos incêndios florestais. É calculado em megawatts (MW), representa a **energia radiante** libertada por unidade de tempo durante o incêndio florestal (Wooster et al., 2005).

A integração no tempo do FRP durante o tempo do incêndio, permite calcular a energia total libertada FRE (energia).

A energia libertada está directamente ligada ao processo de combustão e relacionada com a **taxa de combustível consumido**, através de uma taxa de rendimento térmico, onde o carbono é oxidado libertando CO<sub>2</sub>. Uma fracção é emitida em forma de

radiação electromagnética, que pode ser avaliada recorrendo à observação remota. Pode ser calculado a partir do sensor SEVIRI, instalado no sistema MSG.

A taxa de consumo de biomassa (TCB), calculada em **kg/s** é dada pela expressão seguinte:

$$TCB \text{ (kg/s)} = 0.368 (\pm 0.015) \cdot FRP \text{ (MW)}$$

O consumo de biomassa (CB), estimado em **kg**, pode ser calculado a partir da expressão seguinte:

$$CB \text{ (kg)} = 0.368 (\pm 0.015) \cdot FRE \text{ (MJ)}$$

A partir da biomassa libertada, é possível estimar a quantidade de carbono (C) libertado, utilizando usualmente 0.47 para estimar este valor em g de Carbono libertado para a atmosfera por kg de combustível que ardeu.

$$C \text{ (g)} = 0.47 \cdot CB \text{ (kg)}$$

## 3. Resultados para Portugal

Foram calculadas as emissões de Carbono diárias para Portugal Continental, de Março de 2008 a Novembro de 2009 (mês incompleto). Estes resultados são apresentados nas Figuras 1 a 21 que mostram a evolução diária da quantidade de combustível consumido e das emissões de Carbono libertado para a atmosfera.

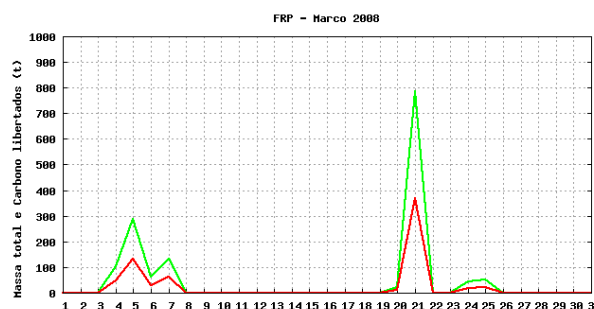


Figura 1 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Março de 2008

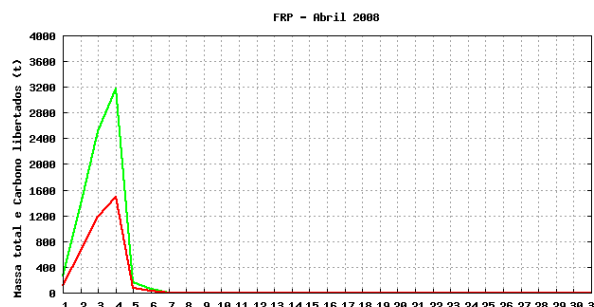
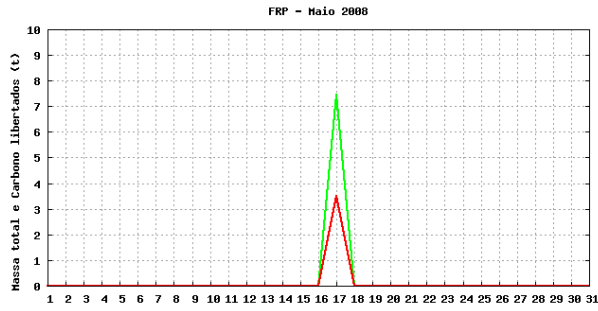
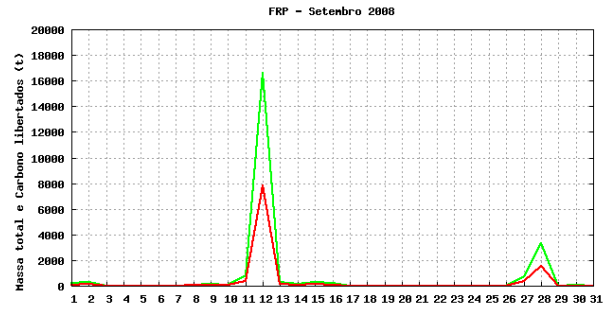


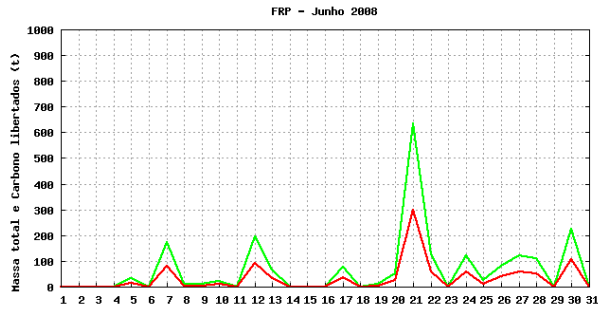
Figura 2 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Abril de 2008



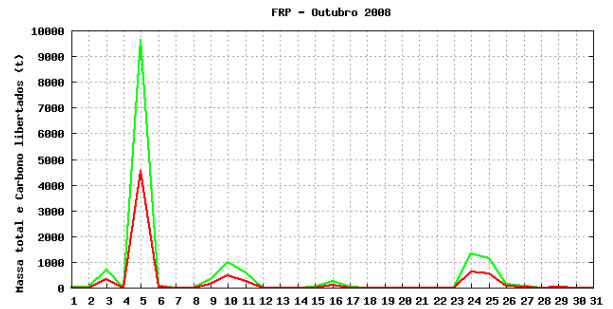
**Figura 3** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Maio de 2008



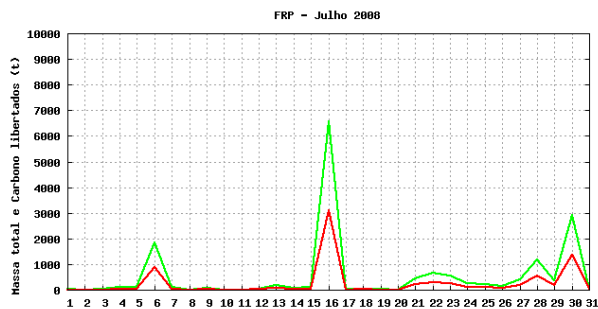
**Figura 7** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Setembro de 2008



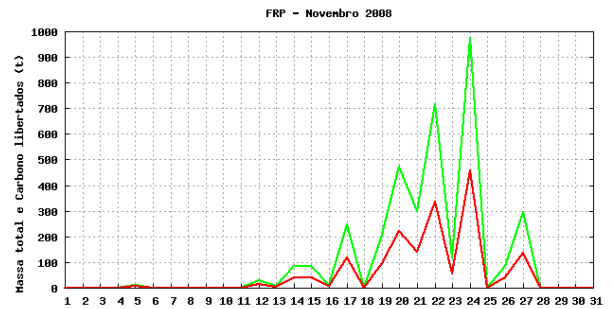
**Figura 4** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Junho de 2008



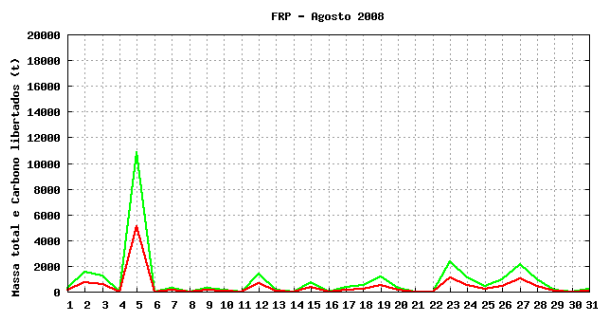
**Figura 8** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Outubro de 2008



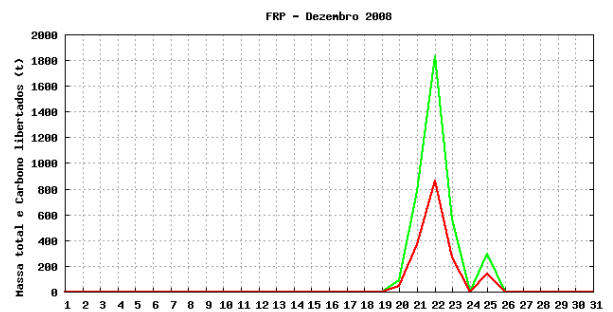
**Figura 5** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Julho de 2008



**Figura 9** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Novembro de 2008



**Figura 6** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Agosto de 2008



**Figura 10** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Dezembro de 2008

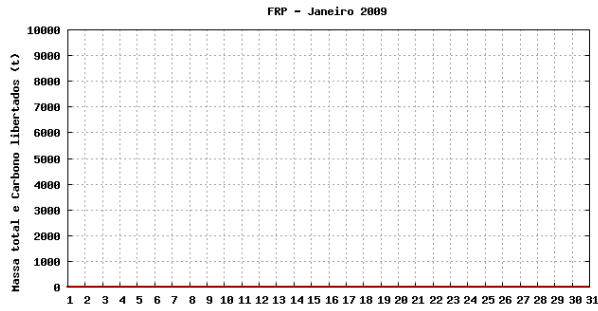


Figura 11 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Janeiro de 2009

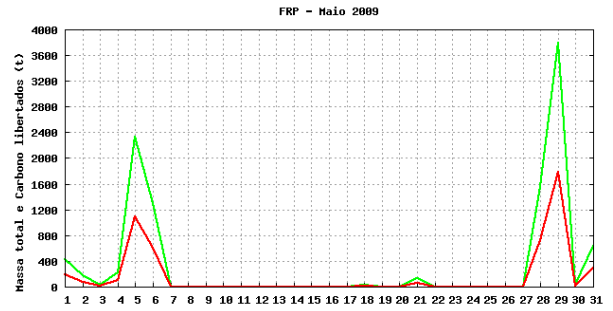


Figura 15 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Maio de 2009

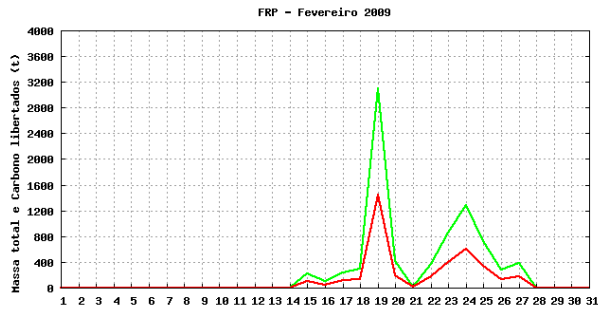


Figura 12 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Fevereiro de 2009

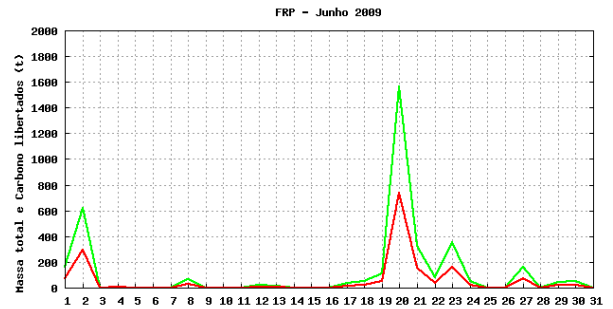


Figura 16 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Junho de 2009

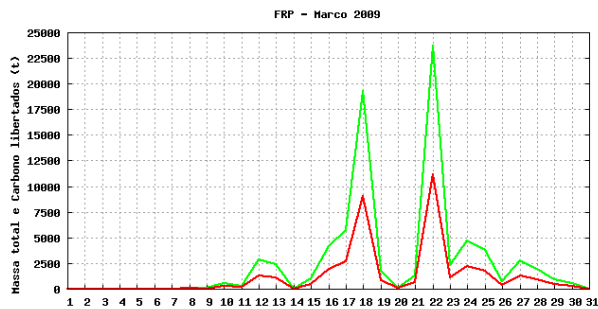


Figura 13 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Março de 2009

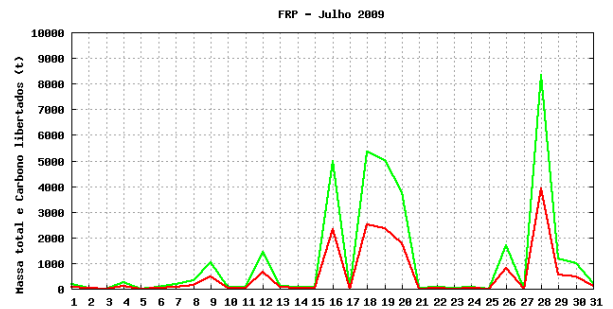


Figura 17 Combustível consumido (verde) e Carbono libertados em Julho de 2009

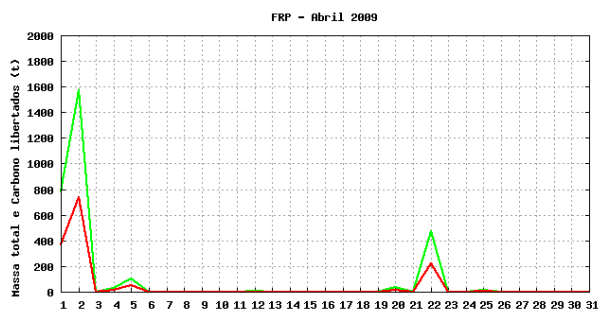


Figura 14 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Abril de 2009

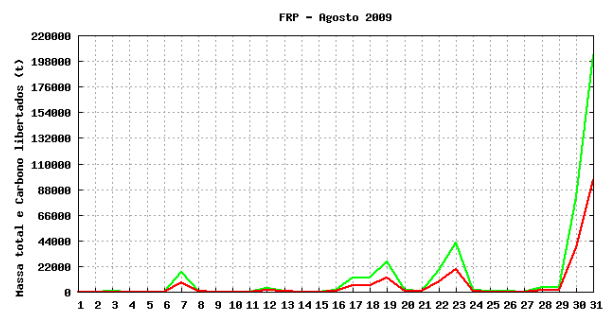
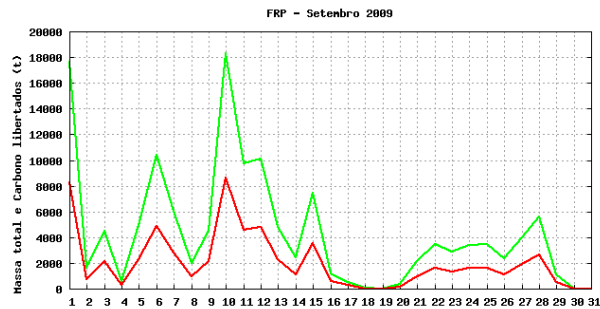
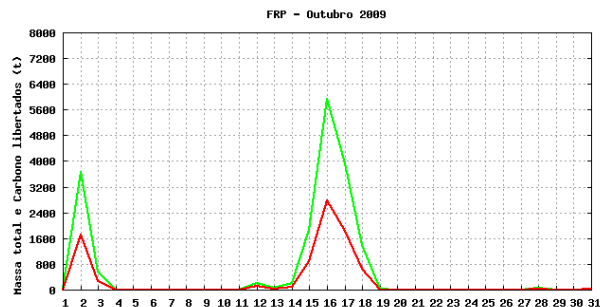


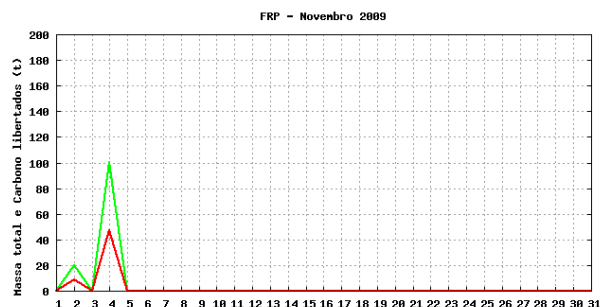
Figura 18 Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Agosto de 2009



**Figura 19** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Setembro de 2009



**Figura 20** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Outubro de 2009



**Figura 21** Combustível consumido (verde) e Carbono libertado (vermelho) em Novembro de 2009

O Quadro I indica, para o maior evento registado no período (entre 30 de Agosto e 2 de Setembro de 2009), o número de ocorrências e as quantidades de combustível consumido e de Carbono libertado para atmosfera.

Quadro I – Combustível consumido e Carbono libertado de 30 de Agosto a 2 de Setembro de 2009

Ano	Mês	Dia	Número de Ocorrências	Combustível consumido (t)	Carbono libertado (t)
2009	08	30	1597	80.9	38.0
2009	08	31	2621	203.0	95.4
2009	09	01	586	176.2	8.2
2009	09	02	50	1.6	0.7

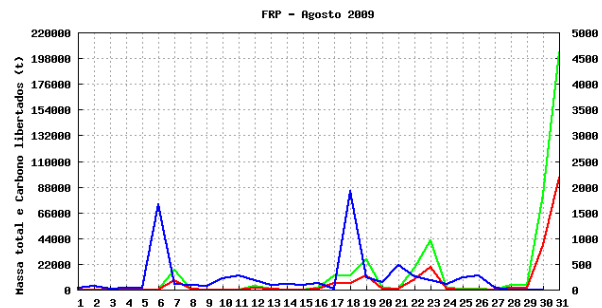
Da análise das figuras e do quadro, pode verificar-se que:

- Apenas um único mês neste período se apresenta sem qualquer emissão (Janeiro de 2009);
- O máximo diário do valor mensal varia bastante ao longo dos meses (de notar que a escala no eixo dos Y é variável de mês para mês) e tal

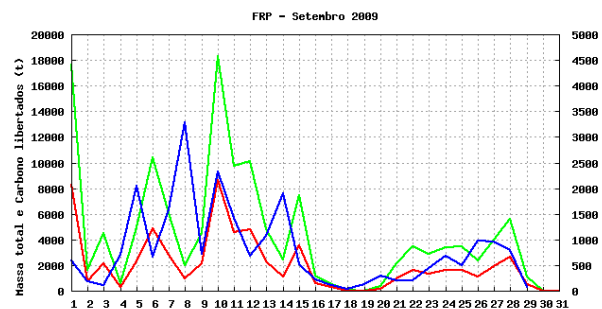
como esperado, os meses mais gravosos são os de Verão. No entanto, mesmo durante os meses de Inverno se apresentam emissões como é possível verificar em Dezembro de 2008.

- Foram estimadas em 95.4 toneladas o Carbono libertado para a atmosfera no dia 31 de Agosto de 2009 (Quadro I).

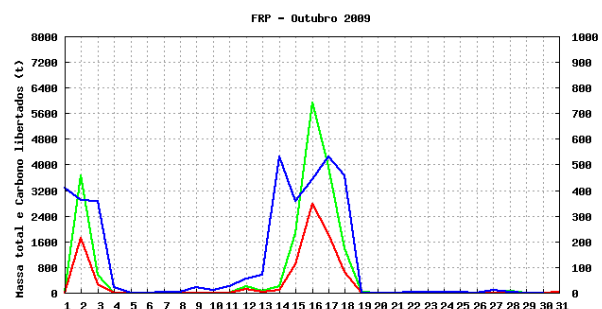
Nas Figuras 22 a 24 para além das emissões, foi também incluída a evolução da área ardida (excepção aos últimos dias de Agosto).



**Figura 22** Combustível consumido (verde), Carbono libertado (vermelho) e área ardida (azul) em Agosto de 2009



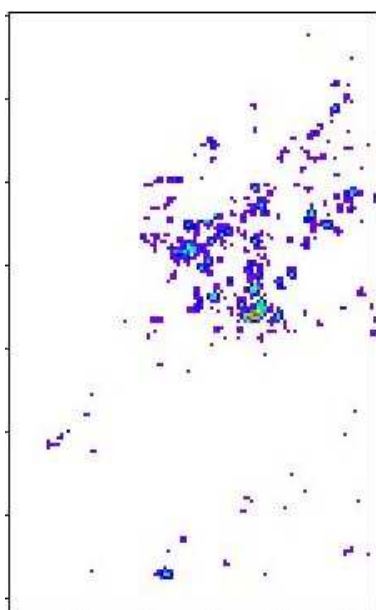
**Figura 23** Combustível consumido (verde), Carbono libertado (vermelho) e área ardida em Setembro (azul) de 2009



**Figura 24** Combustível consumido (verde), Carbono libertado (vermelho) e área ardida (azul) em Outubro de 2009

Tal como esperado a área ardida apresenta valores mais elevados nos mesmos dias em que as emissões são mais elevadas. No entanto as datas dos registos de incêndios apresenta um deslocamento que se justifica pela forma como são anotados, em geral pela data em que os meios de socorro são activados no início do incêndio.

A Figura 25 representa o mapeamento das emissões de Carbono sobre Portugal Continental.



**Figura 25** Mapeamento das emissões de Carbono sobre Portugal Continental em Agosto de 2009

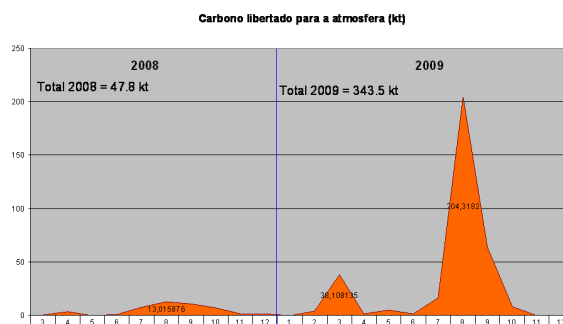
Ainda que não seja visível a máscara do país (que deverá ser incluída no futuro) é possível reconhecer as áreas de maior incidência dos eventos

O Quadro II apresenta os totais mensais da libertação de Carbono para atmosfera em kt. Inclui-se também o valor acumulado para o ano. Estes valores estão graficamente representados na Figura 26.

Quadro II – Libertação mensal de Carbono em 2008 e 2009 (kt)

Mês	2008	2009
01	-	0.00
02	-	3.90
03	0.70	38.11
04	3.55	1.42
05	0.00	4.99
06	0.99	1.75
07	7.81	16.76
08	13.02	204.32
09	11.05	63.79
10	7.29	8.45
11	1.71	0.06
12	1.67	-
<b>Total ano</b>	<b>47.8</b>	<b>343.5</b>

De notar estarem estes valores de acordo com os valores que em Portugal são estimados por outras metodologias.



**Figura 26** Carbono libertado na atmosfera de Março de 2008 a Novembro de 2009

#### 4. Trabalhos futuros

No futuro pretende-se:

- Validar melhor os resultados
- Seleccionar áreas nos diferentes Distritos do país
- Operacionalizar um sistema que permita a monitorização permanente e automática do Carbono libertado
- Utilizar esta metodologia noutras regiões (Distritos) dentro da área MSG
- Estender a outros países a metodologia

#### 5. Conclusões

Pode concluir-se que:

- A estima da libertação de Carbono através do produto FRP da LSA SAF, apresenta-se como promissor e poderá ser utilizado operacionalmente.
- Deverá ser colocado em funcionamento em Portugal um sistema que permita a monitorização permanente da quantidade de carbono libertado na atmosfera

#### 6. Referências

- Govaerts, Y; Wooster, M.; Lattanzio, A.; Roberts, G. Algorithm Theoretical Basis document for MSG SEVIRI fire radiative power (FRP) characterisation. Julho 2009. Documentação de projecto (<https://landsaf.meteo.pt/>).
- Product User Manual (PUM FRP) FIRE RADIATIVE POWER - Issue/Revision Index: Issue 1.1. Change: Setembro de 2009. Documentação de projecto (<https://landsaf.meteo.pt/>).
- Wooster, M. J., G. Roberts, G. L. W. Perry, and Y. J. Kaufman (2005) Retrieval of biomass combustion rates and totals from fire radiative power observations: FRP derivation and calibration relationships between biomass consumption and fire radiative energy release, *J. Geophys. Res.*, 110, D24311, doi:10.1029/2005JD006318.