



**II Workshop**  
**Clima e Recursos**  
**Naturais 2010**

nos Países de Língua Portuguesa  
15 a 19 Novembro • Bragança • Portugal

LIVRO DE ACTAS

**II Workshop**  
**Clima e Recursos**  
**Naturais 2010**

nos Países de Língua Portuguesa  
15 a 19 Novembro . Bragança . Portugal

**Título:** II Workshop Clima e Recursos Naturais – Bragança, Portugal - 15 a 19 de  
Novembro 2010 – Livro de Actas  
**Editores:** Tomás de Figueiredo, Luís Frólén Ribeiro, António Castro Ribeiro  
**Edição:** Instituto Politécnico de Bragança  
**Impresdsão:** Serviços de Imagem do IPB

**ISBN:** 978-972-745-114-2

Tomás de Figueiredo, Luís Frólén Ribeiro, António Castro Ribeiro (editores)

**II Workshop**  
**Clima e Recursos**  
**Naturais 2010**

nos Países de Língua Portuguesa  
15 a 19 Novembro . Bragança . Portugal

LIVRO DE ACTAS



Novembro de 2010

## PREFÁCIO

Neste livro são compiladas as versões escritas e revistas das comunicações apresentadas ao II Workshop em Clima e Recursos Naturais realizados entre os dias 15 e 19 de Novembro de 2010 no Instituto Politécnico de Bragança, Portugal - WSCRA2010.

Pode considerar-se que a história dos Workshops em Clima e Recursos Naturais se inicia em Bragança em Janeiro de 1999, com a realização das Jornadas Luso-Africanas sobre Clima e Aplicações co-organizadas pela Agência CRIA e pelo Instituto Politécnico de Bragança. Évora recebeu o encontro de continuidade (2003) e é em Cabo Verde (2008) que os países africanos e Brasil adoptam integralmente este evento. O seu nome é alterado para acomodar esta nova realidade "I Workshop Internacional em Clima e Recursos Naturais nos países de Língua Portuguesa".

Pretendeu a Comissão Organizadora dar um passo na consolidação desta comunhão de vontades procedendo à publicação de um Livro de Actas. Os Editores têm muito a agradecer aos membros do Corpo Editorial pelo rigor e rapidez com que responderam às solicitações da Comissão Científica deste Workshop. Em raros casos, o Corpo Editorial considerou adequado convidar especialistas para partilhar o ónus da revisão e melhor servir os interesses das comunicações.

Este livro está organizado de acordo com o o programa do WSCRA2010. Os capítulos estão identificados como as Sessões e seguem uma ordem idêntica à então seguida. A selecção dos resumos e artigos foi cuidadosamente elaborada e esperamos que tal se reflecta claramente na qualidade das apresentações e nas muitas e frutuosas reuniões e discussões entre os participantes.

O Clima é um tópico de interesse para uma vasta comunidade de investigadores de diferentes proveniências e formação. É nossa a expectativa de que, para além de manter vivo o espírito do WSCRA2010, este livro também contribua parauma o progresso do conhecimento neste domínio, persistindo como fonte mas também como inspiração, nos anos vindouros.

Bragança, Novembro de 2010

Os Editores

## **Coorpo Editorial**

### **Editores**

*Tomás de Figueiredo*  
*Luís Frólén Ribeiro*  
*António Castro Ribeiro*

### **Painel de Revisores Científicos**

#### **Membros da Comissão Científica do wscra2010**

*Adilson Wagner Gandu, Universidade de S. Paulo (USP), Brasil*  
*Alfredo Caseiro Rocha, Universidade de Aveiro, Portugal*  
*Ana Monteiro, Fac. Letras, Universidade do Porto, Portugal*  
*António Castro Ribeiro, CIMO/ESA/IPB, Portugal*  
*António Lopes, CEG/IGOT, Portugal*  
*Carlos da Câmara, Fac. Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal*  
*Dionísio Afonso Gonçalves, CIMO, Portugal*  
*Elsa Sampaio, Universidade de Évora, Portugal*  
*Henrique Andrade, CEG/IGOT, Portugal*  
*João Côrte – Real, ICAAM/Universidade de Évora, Portugal*  
*José Alexandre Andrade, Universidade de Évora, Portugal*  
*José Delgado Domingos, IST/UTL, Portugal*  
*José Paulo de Melo e Abreu, ISA/UTL, Portugal*  
*Luís Frolen Ribeiro, ESTIG/IPB, Portugal*  
*Luís Santos Pereira, ISA/UTL, Portugal*  
*Magda Lombardo, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil*  
*Maria Solange Mendonça Leite, UTAD, Portugal*  
*Orivaldo Brunini, IAC, Brasil*  
*Pedro Miranda, Fac. Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal*  
*Ricardo Sarmiento Tenório, ICAT/UFAL, Brasil*  
*Tomás de Figueiredo, CIMO/ESA/IPB, Portugal*

#### **Membros convidados**

*Amílcar Teixeira, CIMO/ESA/IPB, Portugal*  
*Anabela Martins, ESA/IPB, Portugal*

## **Modelação e Eventos Extremos**

<b>Episódios de ventos fortes na região de Lisboa: classificação de tipos de circulação e caracterização de um caso de estudo notável</b>	251
<i>Marcelo Fragoso; António Lopes; Pedro Tildes Gomes</i>	
<b>Análise de Eventos Extremos no Alentejo</b>	259
<i>Elsa Sampaio, Madalena Moreira, João Corte-Real, Ana Martelo</i>	
<b>Clima e Carbono &amp; Clima e Recursos Energéticos</b>	263
<b>Comportamento fisiológico de clone de Eucalyptus à variação da radiação fotossinteticamente ativa</b>	265
<i>Raquel Couto Evangelista Baesso; Murilo Mesquita Baesso; Aristides Ribeiro; Fernando Palha Leite; Mariana Gonçalves dos Reis</i>	
<b>Perda de carbono orgânico por erosão hídrica em povoamentos florestais recém instalados</b>	273
<i>Felícia Fonseca; Tomás de Figueiredo; Afonso Martins</i>	
<b>Fogos Florestais: Risco de Incêndio e Monitorização Diária</b>	281
<i>Lourdes Bugalho; Luís Pessanha</i>	
<b>O Ciclo da Energética da Atmosfera: estimativas obtidas das reanálises do NCEP e ECMWF</b>	289
<i>Carlos Marques; Alfredo Rocha; João Corte-Real</i>	
<b>Metodologias de análise do potencial eólico na região de Cascais</b>	297
<i>António Lopes; Marcelo Fragoso; João Madeira; Bruno Meneses; Luís Faria; Marcus Reuter</i>	
<b>Reconhecimento do potencial para produção hidro-eléctrica distribuída: nota metodológica</b>	307
<i>Tomás de Figueiredo; Fernando M. Pereira</i>	
<b>Poluição Atmosférica, Desenvolvimento e Saúde</b>	315
<b>Brisas marítimas estivais e sua influência nos padrões térmicos e no conforto humano no Funchal (Madeira)</b>	317
<i>António Lopes; Sérgio Lopes</i>	
<b>O impacto das alterações climáticas nos níveis de ozono em Portugal</b>	327
<i>Anabela Carvalho; Ana Isabel Miranda; Carlos Borrego</i>	
<b>Análise de excedências e modelação do ozono troposférico em Portugal</b>	335
<i>João Sousa</i>	
<b>Modelação estatística da relação entre mortalidade e condições atmosféricas na Área Metropolitana de Lisboa</b>	343
<i>Paulo Canário; Henrique Andrade;</i>	
<b>Comportamento climático e saúde: ocorrência de internação por pneumonias na cidade de Rio Claro – SP</b>	351
<i>Renata Romera Natalino; Magda Adelaide Lombardo</i>	
<b>Estrutura genética do vector de malária <i>Anopheles atroparvus</i> em Portugal: implicações num contexto de aquecimento global</b>	357
<i>Patrícia Salgueiro; Carla A. Sousa; José Vicente; Virgílio do Rosário; João Pinto</i>	
<b>A informação climática disponibilizada pelas agências e operadores turísticos</b>	363
<i>José Couto; António Lopes</i>	

## Perda de carbono orgânico por erosão hídrica em povoamentos florestais recém instalados

Felícia Fonseca<sup>a</sup>; Tomás de Figueiredo<sup>a</sup>, Afonso Martins<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança (ESAB / IPB), Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal, ffonseca@ipb.pt.

<sup>b</sup>Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-911 Vila Real, Portugal, amartins@utad.pt.

### Resumo

A perda de carbono através dos sedimentos produzidos por erosão hídrica, para além de representar um prejuízo económico constitui também um factor de degradação ambiental. O solo constitui o maior reservatório de carbono na biosfera terrestre e pequenas variações negativas aí registadas podem conduzir a mudanças substanciais na concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>, com implicações sobre o clima global. O presente estudo tem por objectivo avaliar a perda de carbono por erosão hídrica em povoamentos florestais instalados sob 4 técnicas com diferente intensidade de preparação do solo (tratamentos). O ensaio foi instalado em Lamas de Podence, concelho de Macedo de Cavaleiros, a 700 m de altitude, com precipitação média anual de 655 mm e temperatura média anual de 12°C. O delineamento experimental incluiu 6 micro-parcelas de erosão (repetições) por tratamento, onde se procedeu à recolha de sedimento e escoamento superficial. Os resultados apresentados referem-se aos primeiros 13 eventos, num total de cerca de 1200 mm de precipitação num ano, durante os quais se acompanharam as perdas de água e sedimento em micro-parcelas de 2,3 a 2,9 m<sup>2</sup>. A perda de sedimento no solo sem intervenção mecânica (TSMO) foi de 22,9 g m<sup>-2</sup> num ano. Nas áreas sujeitas a preparação do terreno e plantadas, os valores da perda de sedimento foram 7 a 11 vezes superiores. Como esperado, a perda de solo foi superior no tratamento de maior intensidade de mobilização do solo (RCVC), equivalente a 2,5 t ha<sup>-1</sup> num ano. A perda de carbono apresenta uma relação muito estreita com a perda de sedimento ( $r^2 = 0,989$ ). O efeito das técnicas de preparação do terreno nas perdas de sedimento e carbono não é muito expressivo, no entanto, estes parâmetros tendem a aumentar com a intensidade da mobilização. Efeitos locais, ao nível da micro-parcela, como o declive, o coberto superficial e a rugosidade superficial, contribuem para explicar os resultados obtidos.

### Abstract

The organic carbon loss through the sediments produced by erosion, in addition to representing an economic loss is also a factor in environmental degradation. The soil is the major reservoir of carbon in the terrestrial biosphere and small negative changes may lead to substantial changes in atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, with implications on global climate. This study aims to evaluate the carbon loss by erosion in forest stands installed under four techniques with different intensity of site preparation (treatments). The experimental area is located near Bragança, NE Portugal, at 700 m height, mean annual rainfall 655 mm, mean annual temperature 12°C and Mediterranean climate conditions. Soil and water lost were collected after each period of precipitation (named event) from small plots with 2.3 a 2.9 m<sup>2</sup>, six replicates per treatment. Results now reported are related to the first 13 events, summing about 1200 mm precipitation in one year. Soil loss in the original soil was 22.9 g m<sup>-2</sup> in one year. In all areas treated and planted, values of soil loss were 7 to 11 times higher. As expected, soil loss was sharply higher on treatment with high intensity site preparation (RCVC), equivalent to 2.5 t ha<sup>-1</sup> in one year. Carbon loss has a very close relationship with sediment loss ( $r^2 = 0.989$ ). Differences in soil loss and carbon as affected by site-preparation techniques are not substantial; nevertheless, they show a tendency to increase with tillage

intensity. Local effects at small erosion plot level, such as slope and surface roughness, help explaining results found.

## 1. Introdução

A erosão hídrica é um processo natural que, pode assumir dimensões causadoras de elevados prejuízos do ponto de vista económico, social e ambiental (Kosmas *et al.*, 1997; Andreu *et al.*, 1998; Basic *et al.*, 2001; Bertol *et al.*, 2007). Trata-se de um fenómeno complexo que envolve o destacamento e transporte de partículas de solo, seja por acção directa da chuva, seja por escoamento superficial também sob a sua influência. A importância e magnitude destes processos dependem, entre outros factores, do clima, propriedades do solo, condições topográficas, práticas de mobilização e coberto vegetal (Bienes *et al.*, 1999; Römkens *et al.*, 2001). Frequentemente, após a mobilização do solo, os agregados da camada superficial são destruídos por acção da precipitação e transportados como sedimento na água de escoamento superficial, conduzindo a perdas importantes de carbono (Poesen & van Wesemael, 1995; Lal, 2004). Estima-se que cerca de 1,14 Pg de carbono são anualmente emitidos para a atmosfera por acção dos processos erosivos (Lal, 2001). A correcta instalação de povoamentos florestais, que se traduza em melhor produtividade e menores impactes no solo e no ambiente, prende-se ainda com a crescente preocupação sobre os efeitos na mitigação dos riscos do aquecimento global (Birdsey *et al.*, 1993; Lal, 2004).

As elevadas taxas de erosão que se verificam na Região Mediterrânica são atribuídas ao regime climático, sendo o coberto vegetal e o uso da terra factores muito importantes no controlo da intensidade e frequência dos processos erosivos (Bryan & Campbell, 1986). A incapacidade do solo armazenar água está geralmente relacionada com elevada compactação e baixa taxa de infiltração, motivadas por escassez de matéria orgânica e uma estrutura débil no horizonte superficial (Bienes *et al.*, 1999). A formação da crosta inicia-se após a ocorrência de precipitação sendo a sua formação mais rápida em solos secos que em solos húmidos, devido à baixa resistência dos agregados quando do processo de humedecimento, assumindo o teor inicial de água no solo elevada importância (Le Bissonais & Singer, 1993). Por outro lado, a compactação da camada superficial do solo constitui uma barreira física de elevada importância, pois impede o estabelecimento e desenvolvimento do coberto vegetal. Durante o processo erosivo ocorre uma perda preferencial de matéria orgânica devido a esta encontrar-se frequentemente associada à argila, apresentar baixa densidade e estar concentrada nas proximidades da superfície do solo (Rimal & Lal, 2009). A erosão é um processo selectivo e tende a remover as partículas mais finas, arrastando com elas elementos essenciais à nutrição das plantas (Gachene *et al.*, 1997).

Com o presente trabalho, pretende-se quantificar as perdas de carbono por erosão hídrica e verificar a sua relação com as perdas de sedimento em povoamentos florestais recém instalados sob diferentes técnicas de preparação do terreno.

## 2. Material e métodos

O campo experimental foi instalado em Lamas de Podence, concelho de Macedo de Cavaleiros, com as coordenadas geográficas 41° 35' N e 6° 57' W, situado entre os 660 e os 701 m de altitude. A temperatura média anual é de 12°C e a precipitação média anual de 655 mm com uma distribuição sazonal tipicamente mediterrânea (INMG, 1991). Os solos originais integram-se na associação de unidades Leptosolos dístricos órticos de xistos e Cambissolos dístricos crómicos de xistos (Agroconsultores & Coba, 1991).

O delineamento experimental totaliza 6 repetições e 4 modalidades de preparação do terreno (tratamentos), com diferentes intensidades (da menor para a maior intensidade de mobilização): (1) sem mobilização (testemunha) (TSMO); (2) plantação à cova, com broca

rotativa (SMPC); (3) sem ripagem e armação do terreno em vala e câmara (SRVC); (4) ripagem contínua e armação do terreno em vala e câmara (RCVC).

Para a avaliação da produção de sedimento e do escoamento superficial, delimitaram-se micro-parcelas de erosão rectangulares com chapas galvanizadas enterradas cerca de 10/15 cm no solo, com uma área entre 2,3 m<sup>2</sup> e 2,9 m<sup>2</sup> (largura fixa de 1 m e comprimento variável, de acordo com a possibilidade de instalação no terreno), com 6 repetições por tratamento. Na frente de cada micro-parcela, foi colocada, ao nível do solo, uma peça metálica com base triangular, construída para o efeito, com 1 metro de largura e 10 cm de altura, fechada em todos os lados com excepção do voltado para a micro-parcela. Na zona mais afunilada foi aberto um orifício, que comunica com um segmento de tubo de plástico flexível, de modo a permitir o escoamento da água e sedimento para um depósito enterrado no solo, com capacidade de 10 litros.

As colheitas foram realizadas durante 12 meses (Março de 2002 a Março de 2003), após cada evento, totalizando 13 eventos. Definiu-se evento como um período de precipitação (Figueiredo, 2001). O sedimento depositado na peça metálica, foi recolhido com o auxílio de espátulas e pincéis, seco a 105°C e contabilizado juntamente com o sedimento em suspensão na água de escoamento. Em laboratório foi quantificado o volume de água proveniente de cada micro-parcela por evento e retirada, depois de agitação energética da água, uma amostra de 100 ml, a qual foi à estufa a 105°C, para avaliação da quantidade de sedimento em suspensão.

Nos cálculos da perda de sedimento e água de escoamento por micro-parcela e evento utilizaram-se as seguintes expressões:

Produção de sedimento

$$PS = ((Csa \times Vae) + Psf) / A \text{ (g m}^{-2}\text{)} \quad (1)$$

Escoamento superficial

$$ES = Vae / A \text{ (mm)} \quad (2)$$

onde: Csa – concentração de sedimento em 100 ml de água de escoamento (g L<sup>-1</sup>); Vae – volume de água de escoamento (L); Psf – peso de sedimento colhido na frente da micro-parcela (g); A – área da micro-parcela (m<sup>2</sup>). Utilizou-se a unidade g m<sup>-2</sup> uma vez que é a mais consistente com a escala do dispositivo experimental.

Com o objectivo de avaliar a qualidade dos sedimentos, as amostras de sedimento foram crivadas (crivo de malha de 2 mm) e analisadas para a concentração de carbono. O sedimento recolhido no solo original (TSMO), em nenhum dos eventos foi suficiente para a realização de análises.

A perda de carbono do solo, por acção do processo erosivo, foi avaliada através do recurso a índices de enriquecimento (IE). Para o cálculo dos IE utilizou-se a razão (Gachene *et al.*, 1997; Jin *et al.*, 2009):

$$IE = \text{concentração de carbono no sedimento/concentração de carbono no solo original} \quad (3)$$

Assim, sempre que os IE são superiores à unidade significa que o sedimento foi enriquecido em carbono em relação ao solo original, podendo indicar a ocorrência de perda de carbono do solo por acção do processo erosivo.

### 3. Resultados e discussão

A análise do processo erosivo ao nível do evento não permite estabelecer uma relação directa entre precipitação e perda de sedimento (Figuras 1 e 2). De facto, nem sempre os eventos de maior precipitação coincidem com os picos de maior perda de sedimento e, quando essa coincidência ocorre, as micro-parcelas dos tratamentos não são afectadas com

a mesma extensão, permitindo inferir que o estado e as características da superfície do solo modelam a resposta erosiva.

A resposta erosiva das micro-parcelas dos tratamentos às precipitações traduz-se numa maior perda de sedimento nos eventos 1 (8 de Fevereiro a 21 de Março de 2002), 3 (23 de Abril a 15 de Maio de 2002) e 6 (12 de Setembro a 29 de Setembro de 2002) (Figura 2). O evento mais erosivo (evento 6) ocorreu após o período estival do ano 2002 (ano da mobilização do solo), onde a intensidade máxima da precipitação atingiu 11,7 mm h<sup>-1</sup> (a maior intensidade registada até esta data) (Fonseca, 2005), sendo esta característica da precipitação que melhor explica a perda de sedimento no período Primavera/Verão (Fonseca, 2005). A ocorrência de precipitações significativas no semestre seco leva a perdas de solo tendencialmente elevadas (Figueiredo 2001), contribuindo o evento referido com cerca de 1/3 do total da perda de sedimento. Por outro lado, o baixo teor de água no solo, antes da ocorrência de precipitação após o período estival, pode contribuir para um aumento da ruptura dos agregados devido à saída rápida do ar do solo, favorecendo o destacamento pelo impacto da chuva e subsequente transporte na água de escoamento superficial (Rudolph *et al.*, 1997; Rimal & Lal, 2009).

A quantidade média de carbono perdido no sedimento é de 5,2 g m<sup>-2</sup>, apresentando, de um modo geral, o tratamento de maior intensidade de mobilização do solo (RCVC) as maiores perdas (Figura 3). Contudo, estas perdas podem ser consideradas baixas, o que é principalmente explicado pelos baixos valores de perda de sedimento que variam de 0,23 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (TSMO) a 2,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (RCVC). A perda de carbono está estritamente relacionada com a perda de sedimento (Figura 4), pelo que se devem preferir técnicas de preparação do terreno que melhorem os processos da água no solo evitando, assim, a produção de sedimento e conseqüente degradação do solo com libertação de carbono para a atmosfera (Birdsey *et al.*, 1993; Lal, 2001)

As curvas cumulativas da perda de carbono mostram aumentos até ao final do Verão do ano da instalação dos povoamentos em todos os tratamentos, mantendo-se estáveis a partir daí (Figura 5). Isto coloca em evidência que a fase de instalação dos povoamentos florestais e as fases iniciais do desenvolvimento das árvores são críticas, dado que, normalmente, nestas fases a vegetação ainda não assegura uma cobertura do solo suficientemente eficaz (Lucci *et al.*, 1994).

O efeito das técnicas de preparação do terreno (tratamentos) nas perdas de sedimento e carbono não é muito expressivo, revelando no entanto, que estas variáveis tendem a aumentar com a intensidade da mobilização, isto é, de SRVC para RCVC (Figuras 2 e 3).

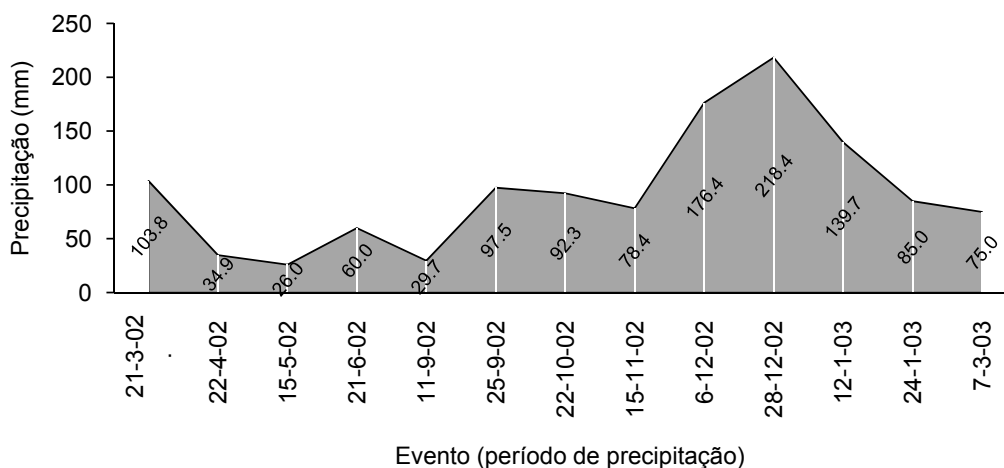


Figura 1. Precipitação (mm) por evento. As datas representam os eventos (datas de colheita)

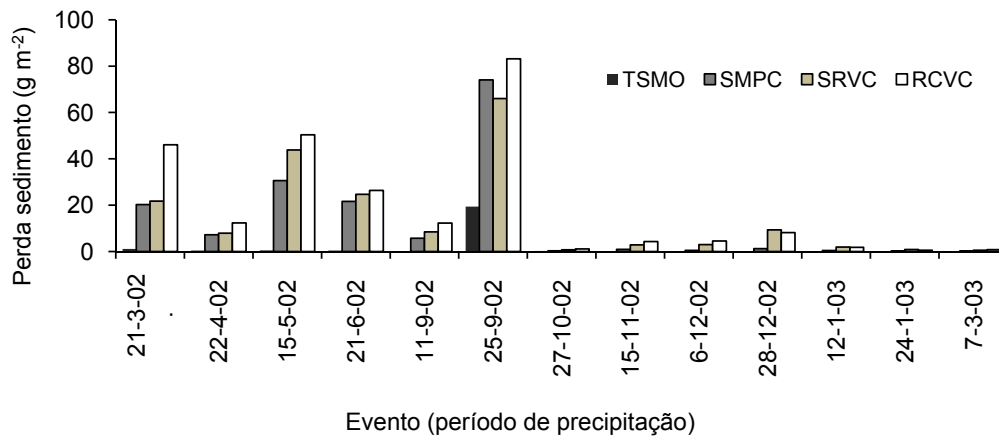


Figura 2. Perda de sedimento ( $\text{g m}^{-2}$ ) por evento, segundo os tratamentos. As datas representam os eventos (datas de colheita)

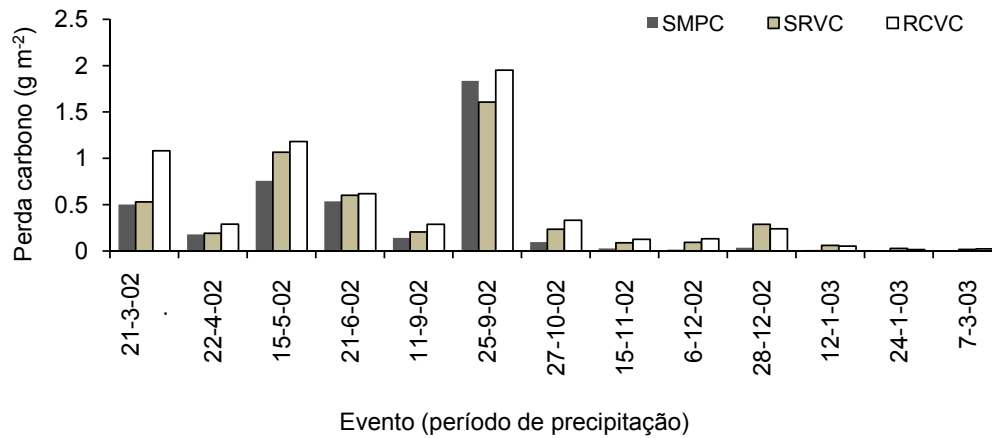


Figura 3. Perda de carbono ( $\text{g m}^{-2}$ ) por evento, segundo os tratamentos. As datas representam os eventos (datas de colheita)

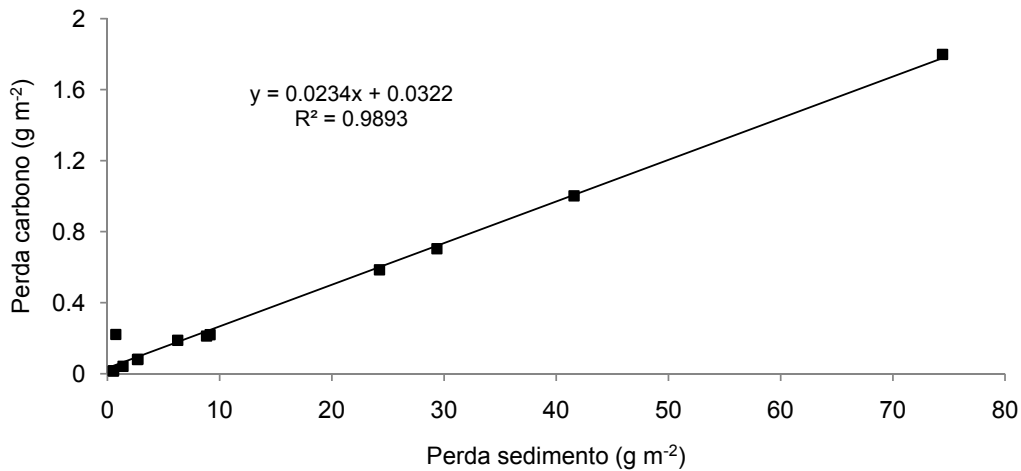


Figura 4. Relação entre perda de sedimento vs perda de carbono no total de eventos

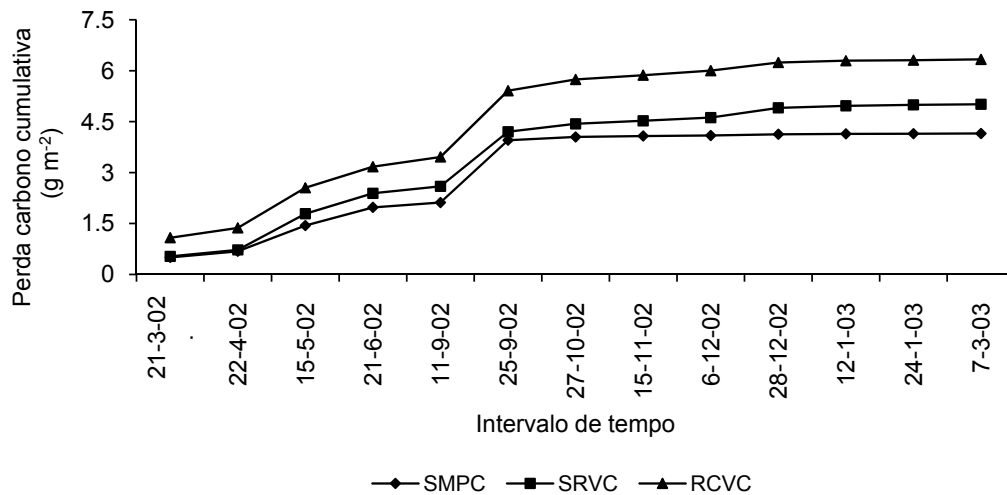


Figura 5. Curvas cumulativas de carbono (g m<sup>-2</sup>), segundo os tratamentos

Na Figura 6 apresentam-se os valores dos índices de enriquecimento do sedimento (IE) em carbono. Os valores são sempre superiores à unidade o que indica ter ocorrido um enriquecimento do sedimento em carbono relativamente ao solo original. No intervalo de tempo de 21 de Março a 25 de Setembro, onde a perda de sedimento foi mais elevada (Figura 2), os IE são baixos (Figura 6), o que indica que o sedimento foi pouco enriquecido em carbono. Os maiores valores de IE (27 de Outubro a 7 de Março), indicam um maior enriquecimento do sedimento de carbono, mas as perdas são pouco expressivas na medida em que neste período a quantidade de sedimento perdido foi muito baixa. Por outro lado, verifica-se que a tendência de enriquecimento do sedimento em carbono diminui da técnica de preparação do terreno mais ligeira (SMPC) para a mais intensiva (RCVC), tendência inversa à registada para a produção de sedimento. A reduzida perda de carbono está principalmente associada à baixa transferência de argila no sedimento verificada para esses povoamentos (Fonseca, 2005).

Embora o IE do carbono não seja muito elevado, uma perda continuada de carbono pode produzir efeitos adversos em propriedades físicas e químicas do solo, para além de estas pequenas variações no armazenamento de carbono no solo poderem conduzir a mudanças substanciais na concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>, com implicações nas alterações climáticas ao nível do globo (Lal, 2004).

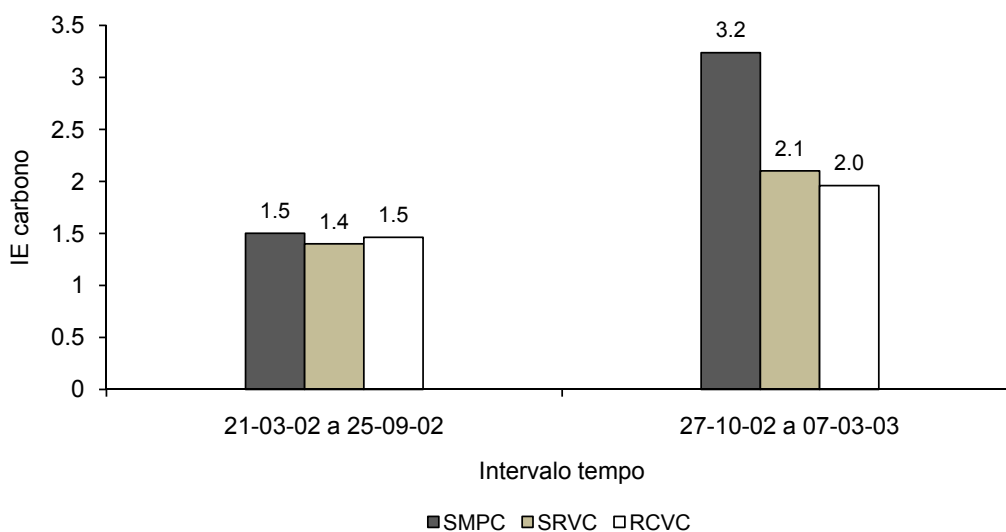


Figura 6. Índices de enriquecimento (IE) do sedimento perdido em carbono

#### 4. Conclusões

Globalmente, as perdas de sedimento e de carbono são pouco expressivas com valores médios de 157,5 e 5,2 g m<sup>-2</sup> num ano, respectivamente. No entanto, estas perdas tendem a aumentar com a intensidade de mobilização do solo, sendo sempre mais elevadas no período Março/Setembro do ano da plantação, com registos insignificantes a partir daí. A perda de carbono mostrou uma boa relação com a perda de sedimento, pelo que se deve preferir técnicas de preparação do terreno que favoreçam os processos hidrológicos do solo e consequente redução da perda de sedimento.

#### Referências bibliográficas

- Agroconsultores e Coba. 1991. Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. UTAD/PDRITM, Vila Real.
- Andreu, V., Rubio, J.L., Gimeno-García, E., Llinares, J.V., 1998. Testing three Mediterranean shrub species in runoff reduction and sediment transport. *Soil & Till. Res.*, 45: 441-454.
- Basic, F., Kistic, I., Butorac, A., Nestroy, O., Mesic, M., 2001. Runoff and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in central Croatia. *Soil & Till. Res.*, 62: 145-151.
- Bertol, I., Engel F.L., Mafra, A.L., Bertol, O.J., Ritter, S.R., 2007. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. *Soil & Till. Res.*, 94: 142-150.
- Bienes, R., Guerrero, J., Gómez, B., Nicolau, J. M., Espigares, T., 1999. Influencia de la cubierta vegetal sobre la evolución del coeficiente de escorrentía en campos agrícolas. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, 4 pp (CD-ROM). Pucon, Chile.
- Birdsey, R.A., Plantinga, A. J., Heath, L.S., 1993. Past and prospective carbon storage in United States forests. *Forest Ecology and Management*, 58: 33-40.
- Bryan, R.B., Campbell, I.A., 1986. Runoff and sediment discharge in a semi-arid drainage basin. *Z. Geomorphol*, 58: 121-143.
- Figueiredo, T. F. R. 2001. Pedregosidade e erosão hídrica dos solos em Trás-os-Montes: Contributo para a interpretação de registos em vinhas ao alto na região do Douro. Dissertação de Doutoramento. UTAD, Vila Real.

- Fonseca, F., 2005. Técnicas de preparação do terreno em sistemas florestais: Implicações no solo e no comportamento das plantas. Tese Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Gachene, C.K.K., Jarvis, N.J., Linner, H., Mbuvi, J.P., 1997. Soil erosion effects on soil properties in a highland area of central Kenya. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 559-564.
- INMG.1991. Normais Climatológicas da Região de “Trás-os-Montes e Alto Douro” e “Beira Interior” Correspondentes a 1951-1980. Fascículo XLIX, Volume 3, 3ª Região, Lisboa.
- Jin, K., Cornelis, W.M., Gabriels, D., Baert, M., Wu, H.J., Schiettecatte, W., Cai, D.X., De Neve, S., Jin, J.Y., Hartmann, R., Hofman, G., 2009. Residue cover and rainfall intensity effects on runoff soil organic carbon losses. *Catena*, 78: 81-86.
- Lal, R., 2001. Fate of eroded soil carbon: emission or sequestration. In: R. Lal (Ed.), *Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect*. Soil Science Society of America Special Publication, vol. 57. Madison, WI, pp. 173-181.
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123: 1-22.
- Kosmas, C., Danalatos, N.G., Cammeraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., Gutierrez, L., Jacob, A., Marques, H., Martinez-Fernandez, J., Mizara, A., Moustakas, N., Nicolau, J.M., Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., Roxo, M., Simao, A., Stamou, G., Tomasi, N., Usai, D., Vacca, A., 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29: 45-59.
- Le Bissonnais, Y., Singer, M.J., 1993. Seal formation, runoff, and interrill erosion from seventeen California soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57: 224-229.
- Lucci, S., Della Lena, S., 1994. Effect of different site preparation techniques on runoff and erosion in plantation forestry. In: R. J. Rickson (Ed.) *Conserving Soil Resources*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 379-386.
- Poesen, J.W.A., van Wesemael, 1995. Effects of rock fragments on the structural collapse of tilled topsoils during rain. In: E. Derbyshire, T. Dijkstra and I.J. Smalley (Eds.), *Genesis and Properties of Collapsible Soils*. Kluwer Academic Publishers, Series C: Mathematical and Physical Sciences, Vol. 468: 333-343.
- Rimal, B.K., Lal, R., 2009. Soil and carbon losses from five different land management areas under simulated rainfall. *Soil & Till. Res.*, 106: 62-70.
- Römkens, M.J.M., Helming, K., Prasad, S.N., 2001. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46: 103-123.
- Rudolph, A., Helming, K., Diestel, H., 1997. Effect of antecedent water content and rainfall regime on microrelief changes. *Soil Technol.*, 10: 69-81.