

O IMPACTO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA PERDA DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA NA SERRA DE SANTA HELENA

THE IMPACT OF FOREST FIRES ON SOIL LOSS FROM WATER EROSION IN SERRA DE SANTA HELENA

Bruno Miguel Meneses¹
Instituto Superior de Agronomia – UTL.
Lisboa, Portugal.

RESUMO

Nesta comunicação apresenta-se a avaliação da influência dos incêndios florestais na perda de solo por erosão hídrica na Serra de Santa Helena em Portugal. Na primeira parte faz-se a análise da distribuição espacial e temporal dos incêndios nesta Serra, permitindo saber quais as áreas mais afetadas e também onde há reincidência. Num segundo ponto determina-se a erosão hídrica, com recurso à Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Nesta última avaliação considera-se a variação do “Fator Coberto do Solo” que integra a EUPS pela ocorrência dos incêndios, estimando-se primeiro a perda média anual de solo com o solo protegido pela vegetação e posteriormente sem esta proteção. Os resultados revelam a importância da cobertura vegetal na redução da perda de solo por erosão hídrica, visto haver maior perda quando se considera o solo totalmente desprotegido como resultado da destruição de toda a camada protetora pela ocorrência de incêndios.

Palavras-chaves: Incêndios florestais, Erosão do solo, EUPS, Serra de Santa Helena.

1 Licenciado em Geografia, variante Geografia Física; Mestre em Gestão do Território, com especialização em Deteção Remota e SIG; Mestre em Geografia Física e Ordenamento do Território e Mestre em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior de Agronomia - UTL. Lisboa, Portugal. Correio eletrónico: bmeneses@campus.ul.pt.

Fecha de recepción: 18 de enero de 2013
Fecha de aceptación: 20 agosto de 2013

ABSTRACT

This work assesses the influence of forest fires on soil loss from water erosion in Serra de Santa Helena, Portugal. It first makes an analysis of the spatial and temporal distribution of fires in this Serra, allowing us to know which areas are most affected and also where there is recurrence. Secondly, it determines the erosion, using the Universal Soil Loss Equation (USLE). This latest assessment considers the variation of the “Covered Soil Factor” that integrates the USLE and the occurrence of fires, first estimating the average annual loss of soil, with soil protected by vegetation, and later without protective vegetation. The results reveal the importance of vegetation cover in reducing soil loss by water erosion, since the biggest loss occurs in the unprotected soil as a result of the destruction of the entire protective layer by fire.

Keywords: Forest fires, soil erosion, USLE, Serra de Santa Helena, Portugal

Introdução

Os incêndios florestais são eventos responsáveis por múltiplos prejuízos materiais, dos quais se destacam a perda da floresta e, conseqüentemente, a degradação dos solos, sobretudo devido ao aumento da sua perda por erosão hídrica (Meneses, 2011) e, também, pela destruição das suas propriedades químicas e atividade biológica (Carter e Foster, 2004). Grande parte destes eventos, geralmente catastróficos, ocorre durante a estação quente e seca (Pyne, 2006), deixando o solo completamente desprotegido durante a época em que ocorre maior precipitação, o que origina grandes perdas de solo (Ice *et al.*, 2004).

A vegetação tem um papel fundamental na proteção do solo, por um lado impede o impacto direto das gotas de chuva sobre este (*splash*), por outro, favorece a infiltração da água, evitando desta forma a escorrência superficial pelas vertentes (Roxo, 1994; Vadilonga *et al.*, 2008). Quando esta cobertura vegetal é destruída pelos incêndios, a sua regeneração (quando existe) é diferenciada pelas diferentes espécies vegetais. Algumas rebentam de toíça (e.g. eucalipto), enquanto outras não. Porém, o incêndio pode proporcionar outros processos como por exemplo o favorecimento na distribuição de sementes, como é o caso dos pinheiros adultos afetados a primeira vez pelo incêndio. No entanto, se ocorrer novamente um incêndio na área ocupada por esta última espécie arbórea nos anos seguintes à ocorrência do primeiro incêndio (reincidência), não haverá regeneração do coberto vegetal, porque estas não rebentam de toíça e não tiveram tempo suficiente para se desenvolver e produzir sementes. A vegetação herbácea é, geralmente, a primeira a despontar após o incêndio (Cattray *et al.*, 2010) e pode contribuir para a redução da erosão hídrica ao proteger o solo, mas há

que considerar um período crítico pela exposição total do solo aos agentes erosivos entre a ocorrência do incêndio e a formação deste coberto vegetal.

Quanto à avaliação da perda de solo por erosão hídrica, esta pode ser potencial, ou seja, a erosão que pode ocorrer considerando as vertentes sem qualquer tipo de cobertura vegetal e sem práticas agrícolas, variando apenas em função da erosividade, erodibilidade e fator topográfico; ao então real, i.e., a erosão que ocorre efetivamente, onde todos os fatores anteriormente referidos vão integrar a avaliação (Meneses, 2011).

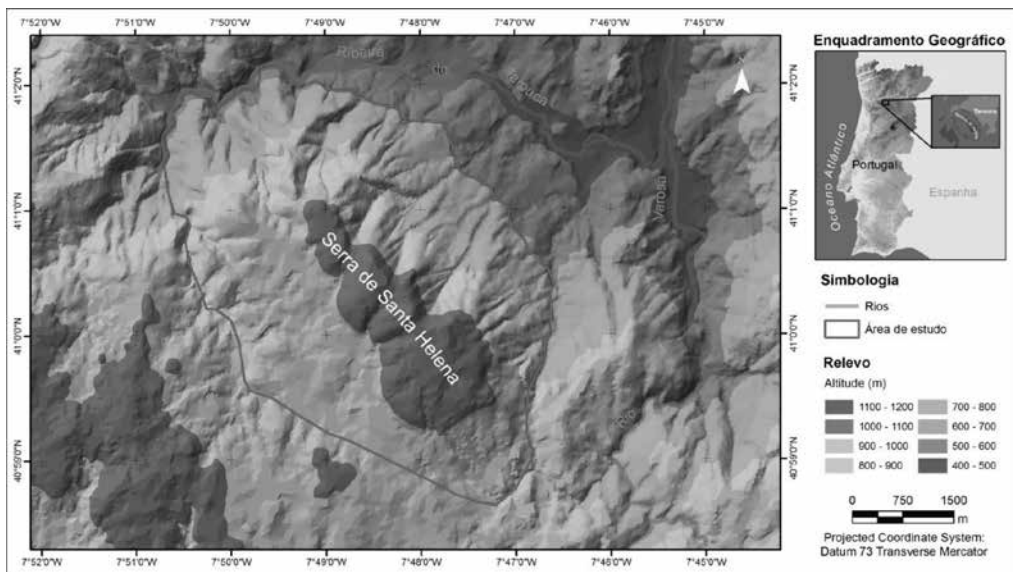
1. Área de estudo

A Serra de Santa Helena localiza-se no Concelho de Tarouca e constitui a área de estudo (figura 1). Esta evidencia-se pela sua altitude (1103m) a N da área de aplanção poligénica da Meseta (área xistenta), e estabelece a transição para as áreas com predominância de granitos (a NE), onde se destacam os vales amplos e retilíneos que denunciam a rede de falhas geológicas. As vertentes dos setores N e NE desta Serra apresentam declives acentuados ($> 40^\circ$), o que não se verifica nas vertentes dos setores E, SE e S, onde o declive é menor (entre 10 e 25°).

Quanto ao tipo de solo, predominam os Leptosolos úmbricos em áreas de granitos e rochas afins no setor mais elevado da Serra, com alguns afloramentos rochosos; enquanto nas áreas de menor altitude a E compostas por xisto e rochas afins, predominam os Cambissolos úmbricos órticos. Segundo os dados da Corine Land Cover de 2006 (CLC'06), estes solos estão ocupados por algumas manchas arbóreas nas vertentes a N e a S, com destaque para os pinheiros bravos (*Pinus pinaster*) e carvalhos (*Quercus pyrenaica*), enquanto nas vertentes do setor SW predomina a vegetação arbustiva, em particular as giestas (*Cytisus striatus*) e tojo (*Ulex europeus*).

Atualmente há uma vasta área das vertentes a NE com um reduzido coberto vegetal (apenas herbácea) devido a um incêndio que aqui ocorreu recentemente (Meneses e Sarmento, 2012). Destacam-se ainda no setor jusante das vertentes a W algumas áreas agrícolas com espaços naturais e seminaturais e alguns pomares nas vertentes a E.

Figura 1. Enquadramento geográfico da Serra de Santa Helena



Fonte: Elaboração própria.

O clima onde se insere a área de estudo é caracterizado por Daveau *et al.* (1985) como continental, acentuado pela posição topográfica, com invernos muito frios (mais de 40 dias com temperatura inferior a 0°C) e verões moderados (23 a 29°C). Aqui a distribuição da precipitação é influenciada pela orografia, sendo as áreas mais elevadas e aplanadas a S onde ocorre mais precipitação e as áreas a E onde a precipitação é menor, devido ao efeito de abrigo aos ventos marítimos húmidos provenientes de W e NW (Meneses, 2011). Pelos dados da estação meteorológica localizada em Tarouca, entre 1944-1996 verificou-se a precipitação média anual de 1092.4mm e a precipitação média mensal mais elevada no mês de Dezembro (146.12mm).

Material e métodos

Determinação de áreas afetadas por incêndios florestais

Nesta avaliação recorreu-se à Deteção Remota. Utilizaram-se as bandas 3 e 4 de imagens de satélite Landsat 5TM de 2007 e 2010, para a determinação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), procedimento que permitiu obter as áreas sem qualquer tipo de vegetação

resultantes da ocorrência de incêndios florestais. Os resultados de NDVI dos anos em análise foram reclassificados, atribuindo-se o valor 1 às áreas sem vegetação (queimadas) e 0 às restantes. Com este último procedimento pretendeu-se saber quais as áreas onde não houve regeneração do coberto vegetal, fator que proporciona o aumento da suscetibilidade de perda de solo por erosão hídrica.

Avaliação da erosão hídrica do solo

Para a estimativa da perda anual de solo por erosão hídrica existem vários modelos, recorrendo-se neste caso à Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1965; 1978). Este modelo empírico permite estimar a erosão específica (A), i.e., a perda de solo por unidade de área e por unidade de tempo ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$), através da seguinte equação:

$$A=RKLSCP$$

correspondendo o R ao fator de erosividade da chuva ($\text{Mj}/\text{ha}\cdot\text{mm}/\text{ano}$); K ao fator de erodibilidade do solo (Mj/ha); L ao fator de comprimento da vertente; S ao fator de inclinação da vertente; C ao fator de cobertura do solo e P ao fator prática agrícola.

A determinação dos fatores que integram este modelo foi adaptada de acordo com as orientações expressas em Meneses (2011), de forma a aplicar-se esta metodologia em áreas não agrícolas e incluir várias tipologias de ocupação de solo, o que não se contempla no modelo inicial proposto por Wischmeier e Smith (1965; 1978). Na determinação da erosividade (R) correlacionou-se os valores de R, calculados a partir do método de Bertoni e Lombardi Neto (1990) para os registos da precipitação média anual das três estações meteorológicas em torno da área de estudo, com a altitude das mesmas, servindo a equação obtida pela regressão linear destes dados ($y=0.8577x+371$) para a obtenção do fator R sob a forma matricial, utilizando-se no x Modelo Numérico de Elevação (MNE).

Para a determinação de K utilizou-se o nomograma adaptado às unidades SI apresentado em Foster *et al.* (1981), procedimento que exigiu a recolha de várias amostras de solo e a análise das suas características físicas em laboratório.

No cálculo do fator topográfico (LS) utilizaram-se os fluxos acumulados obtidos a partir do MNE para a determinação do comprimento das vertentes e respectivos declives (Engel, 1999; Simms *et al.*, 2003).

O fator C determinou-se através dos dados da CLC'06, com integração dos resultados da variação de NDVI de vários anos, de forma a permitir avaliar a variação da erosão específica em função da variação da cobertura vegetal (Meneses, 2011).

Quanto ao fator P, embora não se pratique agricultura na área em estudo, considerou-se os valores das culturas ao longo das curvas de nível por cada classe de declive (Meneses, 2011), por se desenvolverem aqui várias atividades antrópicas (desflorestação, passeios pedestres o que causa o pisoteio do solo, entre outros) e por haver influência de animais na degradação do solo (pastoreio e pisoteio), constituindo-se estas como atividades que proporcionam a alteração da proteção do solo pela destruição da cobertura vegetal e na mobilização de solo.

Para a verificação da existência de erosão hídrica na área de estudo, instalaram-se estacas graduadas ao longo das vertentes compreendidas pela mesma (Quadro 1). Esta monitorização realizou-se entre setembro de 2010 e agosto de 2011 (ano hidrológico), verificando-se neste período a precipitação média mensal de 49 mm, com os meses de setembro, outubro e novembro a registar os valores mais elevados (83.1, 67.6 e 99.2 mm, respetivamente), e os meses de junho e Julho, a registar a precipitação mínima (6.7 e 5.4mm, respetivamente). Estes dados de precipitação obtiveram-se através de um pluviómetro instalado no campo, com verificação diária da precipitação ocorrida durante o período de monitorização.

Quadro 1. Referência das estacas instaladas nas vertentes da Serra de Santa Helena, para a monitorização da perda de solo por erosão hídrica

Estaca	Localização	Uso e ocupação do solo
E1	40°59'21"N 7°47'33"W	Área adida
E2	40°59'57"N 7°47'38"W	Área adida
E3	40°59'83"N 7°47'03"W	Pinheiros bravos e giestas
E4	41°00'36"N 7°47'55"W	Área adida
E5	41°00'55"N 7°47'86"W	Área adida
E6	41°00'85"N 7°47'32"W	Pinheiros bravos e giestas
E7	41°00'13"N 7°48'43"W	Pinheiros bravos e giestas
E8	41°01'20"N 7°48'37"W	Giestas e tojo

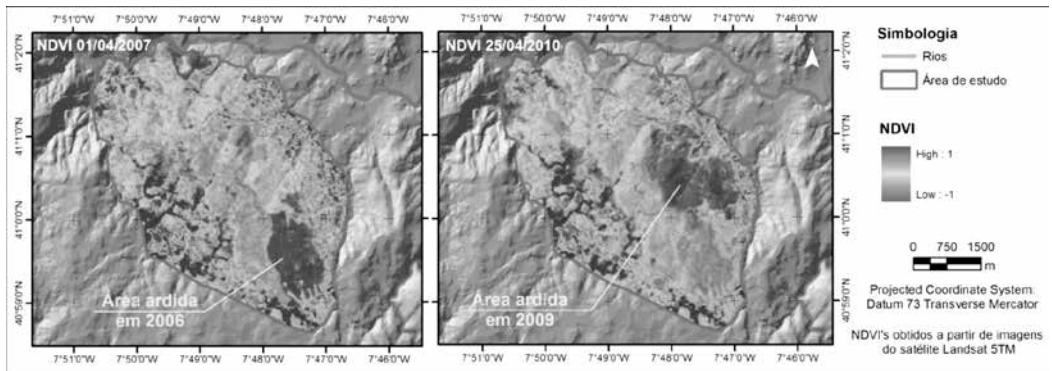
Análise e discussão de resultados

Vertentes da Serra de Santa Helena afetadas por incêndios florestais

Dos incêndios florestais que ocorreram na Serra de Santa Helena entre 2006 e 2010, destacam-se dois pela dimensão de área afetada (figura 2). No primeiro (2006) aferiu-se um total de 172.7ha de área queimada e no segundo (2009) um total de 290.7ha. Verifica-se também a presença de pequenas áreas queimadas em 2006, afetadas novamente pelo incêndio que ocorreu em 2009.

Para integração destes dados no fator C, as áreas queimadas representadas sob a forma matricial foram reclassificadas, atribuindo-se o valor 1 a cada célula (30x30m) e 0 às células correspondentes à área não queimada. Na atribuição do valor 1 admite-se a exposição total destes solos aos agentes erosivos, neste caso à precipitação, sendo desta forma o processo de *splash* mais intenso e, conseqüentemente, maior perda deste solo desagregado quando se proporcione a escorrência superficial.

Figura 2. Identificação de áreas queimadas por incêndios florestais na Serra de Santa Helena através do NDVI de 2007 e 2010



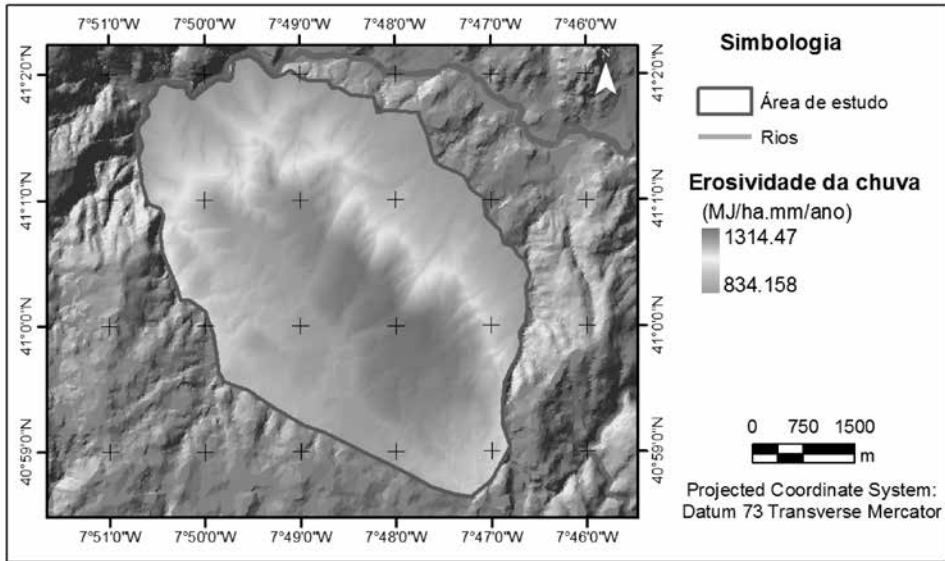
Fonte: Elaboração própria.

Erosão hídrica dos solos da Serra de Santa Helena e sua variação em função da ocorrência de incêndios florestais

Os fatores que compõem a EUPS determinados para a área de estudo estão representados nas figuras 3, 4, 5, 6 e 7. No fator R destaca-se sobretudo o setor com maior altitude da Serra, erosividade explicada pelos valores de precipitação mais elevados nesta área, conforme se verificou na análise dos dados das estações meteorológicas; estas áreas também se destacam no fator K onde predominam os Leptosolos úmbricos; já no fator LS sobressaem as vertentes a N e NW devido ao seu comprimento e declive; no fator C diferenciam-se as vertentes a SW devido ao reduzido coberto vegetal; e no fator P sobressaem as vertentes a N e NW, admitindo-se aqui a existência de práticas antrópicas ao longo das curvas de nível, como referido anteriormente.

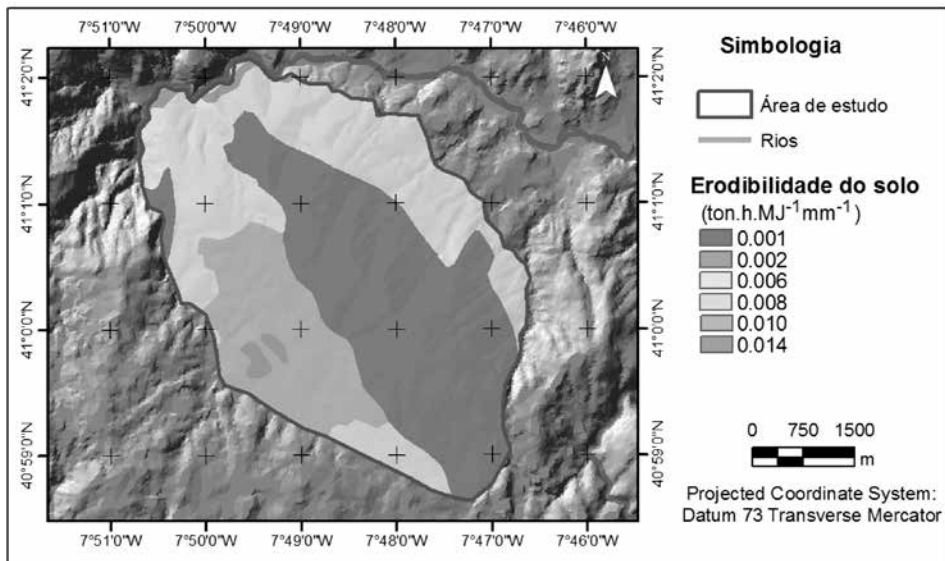
O fator C foi determinado novamente, mas neste procedimento considerou-se as áreas sem coberto vegetal devido à ocorrência de incêndios florestais. Este fator sofre algumas alterações nas áreas queimadas anteriormente identificadas na análise dos NDVI's (Figura 2), face ao fator C anteriormente determinado, devendo-se neste caso à remoção completa da vegetação, o que traduz os valores mais elevados aqui obtidos.

Figura 3. Erosividade da chuva (Fator R da EUPS) na Serra de Santa Helena



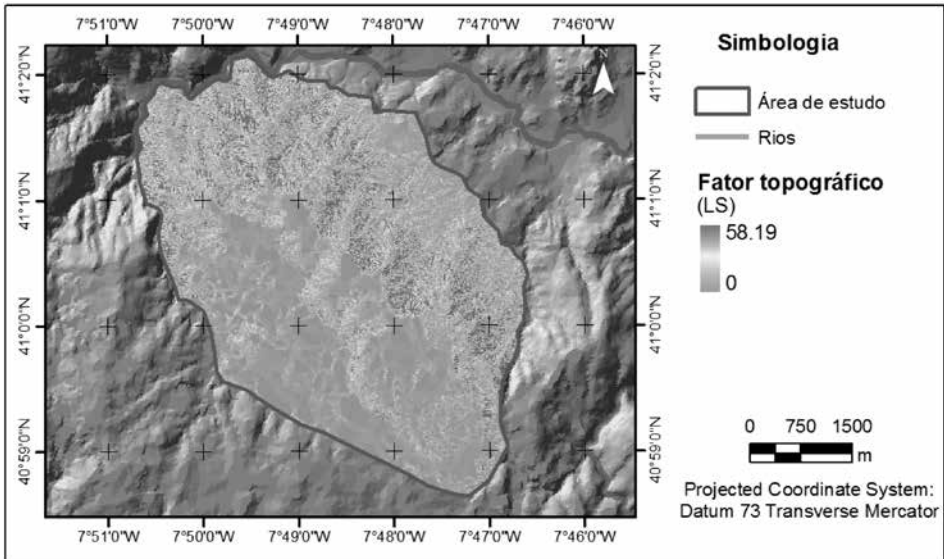
Fonte: Elaboração própria.

Figura 4. Erodibilidade do solo (Fator K da EUPS) na Serra de Santa Helena



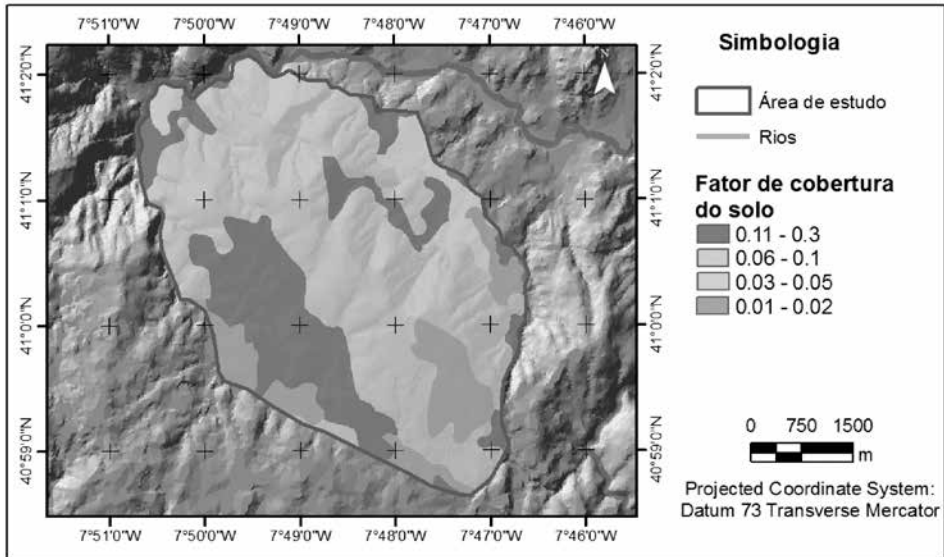
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5. Fator topográfico (LS) da EUPS na Serra de Santa Helena



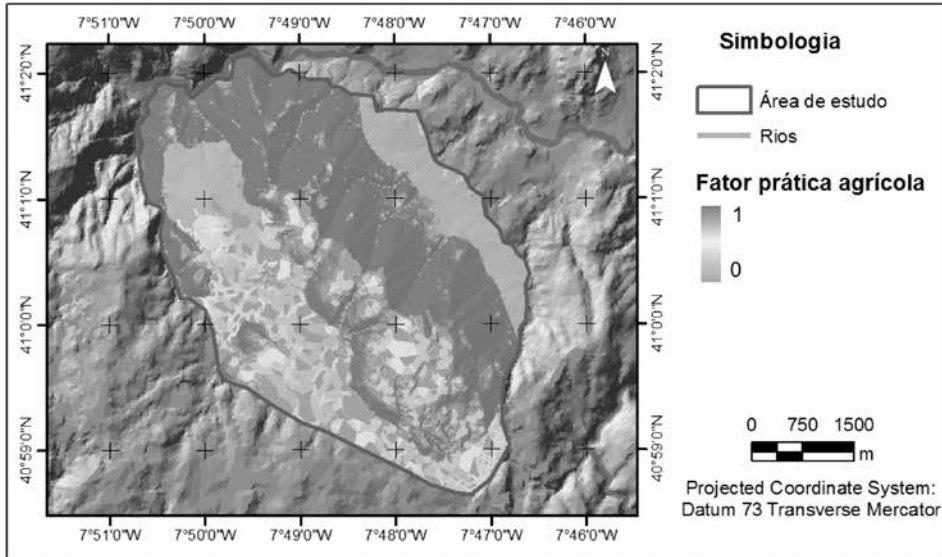
Fonte: Elaboração própria.

Figura 6. Fator cobertura do solo (C) da EUPS para a Serra de Santa Helena



Fonte: Elaboração própria.

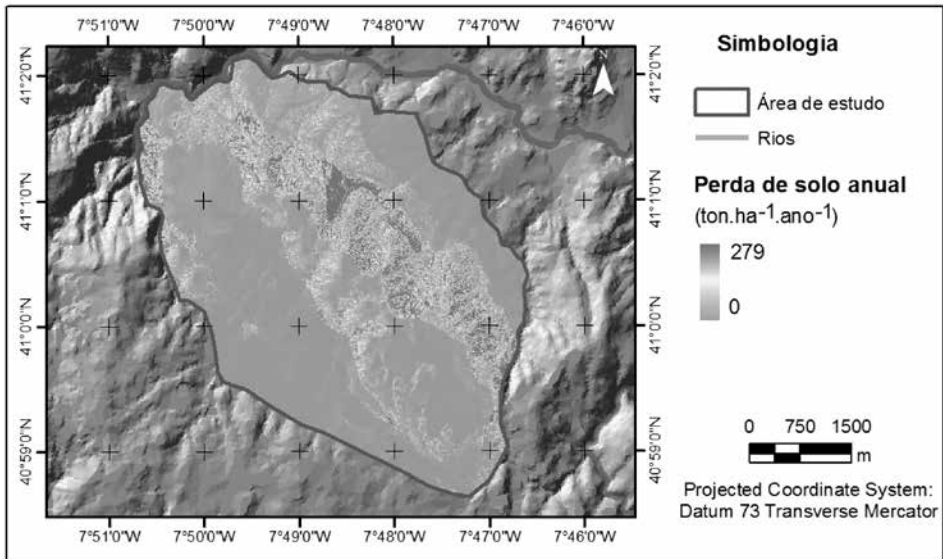
Figura 7. Fator prática agrícola (P) da EUPS na Serra de Santa Helena



Fonte: Elaboração própria.

Com os fatores da EUPS apresentados anteriormente e, considerando as vertentes ocupadas por vegetação de acordo com os dados da CLC'06, i.e., sem interferência dos incêndios florestais no fator C, obteve-se a estimativa de perda de solo anual por erosão hídrica (figura 8). Nestes resultados verificou-se que as áreas com maior perda de solo por erosão hídrica estão localizadas nas vertentes onde o declive é mais acentuado (setor NW da Serra), havendo aqui pixels (5x5m) a registrar o valor máximo de $279 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Desta forma evidencia-se a importância do fator topográfico na perda de solo por erosão hídrica.

Figura 8. Estimativa de perda de solo anual por erosão hídrica na Serra de Santa Helena, considerando as vertentes cobertas por vegetação

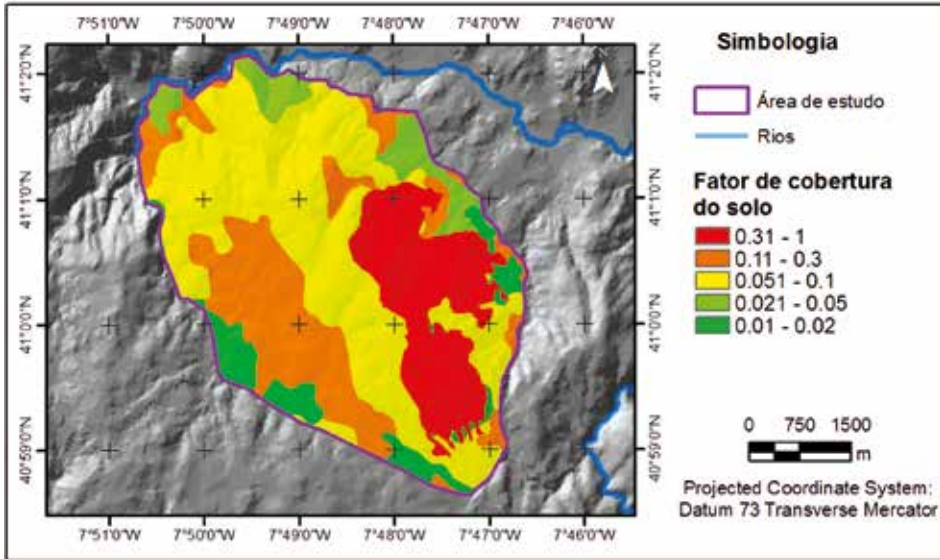


Fonte: Elaboração própria.

Admitindo a ausência de proteção do solo, devido à perda da cobertura vegetal pela ocorrência dos incêndios florestais, calculou-se novamente a erosão específica com os mesmos fatores R, K, LS e P, mas nesta combinação utilizou-se o fator C apresentado na figura 9, fator que já contempla estas perdas da cobertura do solo. Com os novos resultados da erosão específica (figura 10), observou-se que as áreas queimadas se destacam da restante área de estudo, estimando-se haver aqui pequenas áreas com a perda máxima de solo na ordem das 1032 ton.ha⁻¹.ano⁻¹.

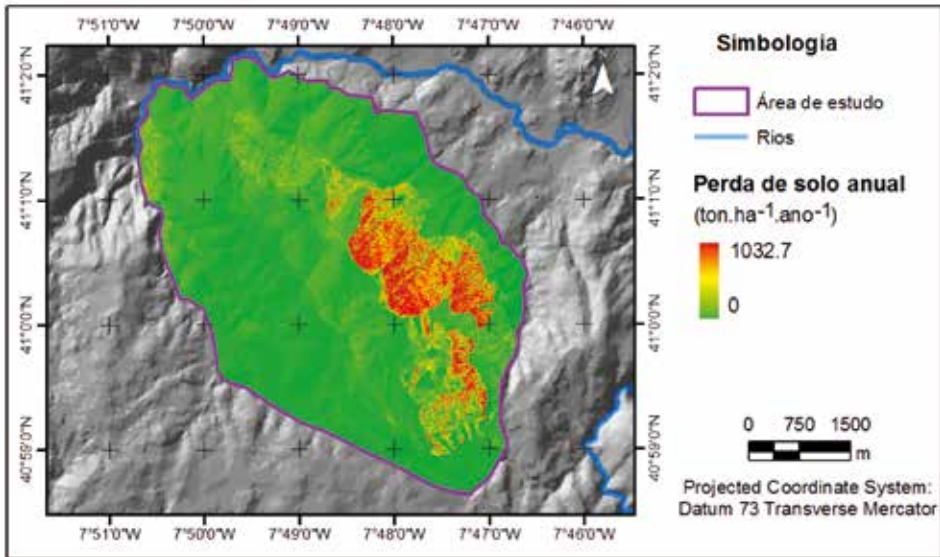
Pela diferença entre os resultados da erosão específica calculada considerando no fator C a cobertura vegetal, com a erosão específica obtida mas considerando neste fator a ausência desta cobertura devido aos incêndios florestais (figura 11), aferiu-se o aumento de perda de solo nas áreas queimadas, i.e., estima-se que nestas áreas ocorra a perda máxima de 929 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ de solo. O setor montante destas áreas queimadas sobressai com a maior perda de solo por erosão hídrica, resultado explicado pelos elevados valores dos fatores EUPS que integraram esta avaliação.

Figura 9. Fator C com integração das áreas queimadas (sem cobertura vegetal)



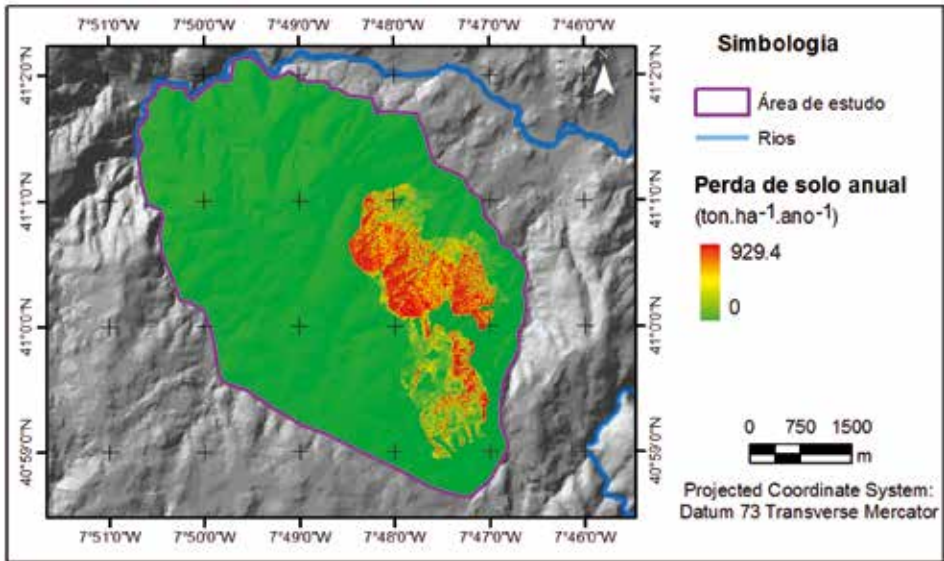
Fonte: Elaboração própria.

Figura 10. Estimativa de perda de solo anual por erosão hídrica na Serra de Santa Helena, considerando as áreas ardidas



Fonte: Elaboração própria.

Figura 11. Diferença entre a estimativa de perda de solo anual por erosão hídrica na Serra de Santa Helena obtida com e sem proteção do solo nas áreas ardidas



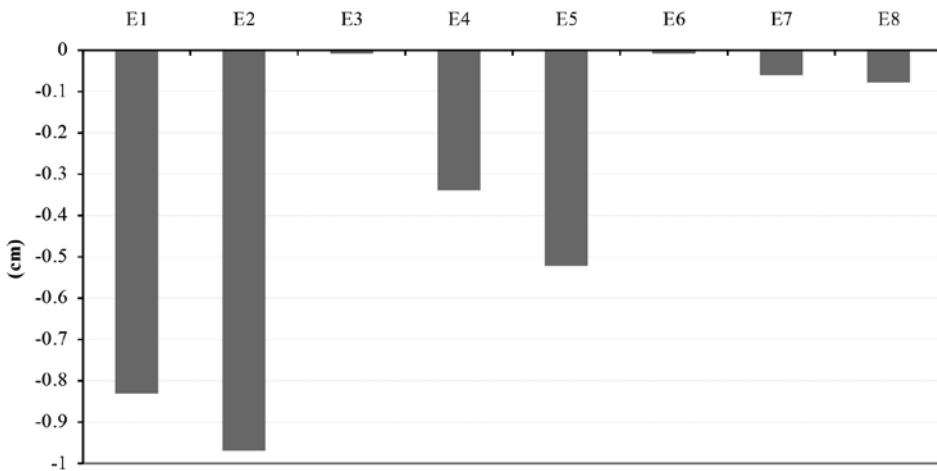
Fonte: Elaboração própria.

Pela monitorização da perda de solo através das estacas instaladas nas vertentes desta serra, verificou-se haver maior perda de solo por erosão hídrica nas áreas queimadas, como se pode observar na figura 12. As estacas E1, E2, E4 e E5 (localizadas nas áreas queimadas) evidenciam-se pela maior perda de solo junto das mesmas, sobressaindo E2 com o maior rebaixamento (erosão). Estes resultados vão de encontro ao observado na erosão estimada pelo modelo EUPS.

A suscetibilidade à perda de solo na área de estudo é muito elevada, visto ocorrer outros processos para além da erosão hídrica, que potenciam a sua perda, nomeadamente a erosão pela ação dos *pipkrakes*, considerado um importante agente na morfogénese atual da Serra de Santa Helena (Meneses, 2013). Nas áreas queimadas, devido à ausência de vegetação, as amplitudes térmicas são mais acentuadas, fator que proporciona o desenvolvimento destas agulhas de gelo (*pipkrakes*), resultando assim maior desagregação do solo. Com a desagregação do solo nestas áreas onde não existe qualquer proteção contra a precipitação (impacto direto das gotas

de chuva), e pelo aumento da escorrência superficial, devido aos fatores inicialmente referidos, torna-se mais suscetível a sua perda por erosão hídrica, facto constatado nos resultados apresentados na monitorização por estacas. O modelo apresentado na estimativa de perda de solo por erosão hídrica, ao incorporar o solo sem qualquer tipo de cobertura vegetal no fator C, traduz este aumento da perda de solo, resultados corroborados pelos resultados obtidos pelas estacas.

Figura 12. Perda do solo observado junto das estacas colocadas nas vertentes da Serra de Santa Helena



Na área analisada a escorrência superficial faz-se para os valeiros que estão ao longo das várias vertentes da Serra. A acumulação nestas formas do solo erodido, transportado pela escorrência superficial, origina ou prepondera a amplificação de outros processos catastróficos, em particular as escoadas, eventos responsáveis por vários prejuízos, ao afetarem as vias rodoviárias principais construídas nestas vertentes, facto já verificado na área onde ocorreram os dois incêndios anteriormente referidos (Meneses, 2011a).

Conclusão

Este ensaio permitiu perceber a importância da cobertura vegetal na redução da perda de solo por erosão hídrica. Sendo a Serra de Santa Helena constantemente fustigada pelos incêndios florestais, é fundamental incluir esta informação (remoção da cobertura vegetal) na avaliação da perda de solo por erosão hídrica, visto haver um aumento acentuado da mesma quando os solos estão totalmente desprotegidos, facto verificado neste estudo. Estes resultados são fundamentais para se avaliar a intervenção nestas vertentes, sobretudo na implementação de medidas de estabilização que evitem a perda de solo, diminuindo assim a probabilidade de ocorrerem outros processos físicos, como é o caso dos movimentos de vertente (destaque para as escoadas). Nestas abordagens seria interessante utilizar informação espacial atualizada, em particular a que integra o fator C e P, de modo a obter a erosão hídrica efetiva.

Quanto ao modelo apresentado na estimativa da perda de solo anual por erosão hídrica, este permite quantificar as perdas de solo (erosão hídrica real) em áreas onde ocorreram incêndios florestais, dados fundamentais para a avaliação na intervenção das mesmas. Desta forma, este pode ser utilizado na avaliação de impactos na degradação do solo nestas áreas, tornando-se uma ferramenta útil para os técnicos e outros responsáveis por este tipo de avaliações

Referências

- Bertoni, J. & Lombardi Neto, F. (1990). *Conservação do Solo*. São Paulo: Icone Editora.
- Carter, M. & Foster, C. (2004). Prescribed burning and productivity in southern pine forests: a review. Em: *Forest Ecology and Management*, Vol. 191, Nº 1-3 (pp. 93-109).
- Catry, F., Bugalho, M., Silva, J.S. & Fernandes, P. (2010). Gestão da vegetação pós-fogo. Em: Moreira, F.; Catry, F., Silva, J. & Rego, F. *Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas* (pp. 289-327).
- Daveau, S. & colaboradores. (1985). *Mapas Climáticos de Portugal. Nevoeiro e Nebulosidade. Contrastes Térmicos*. Centro de Estudos Geográficos, Memória, Lisboa.
- Engel, B. (1999). *Estimating Soil Erosion RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Using Arcview*. Purdue University. Recuperado de:

- http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Hidro2006/trabajo_final/documentos/erosion_usle/estimacion_erosion_rusle_arview.pdf
- Foster, G.; McCool, D.; Renard, K. & Moldenhauer, W. (1981). Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. Em: *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 36, Nº 6 (pp. 355-359).
- Ice, G., Neary, D. & Adams, P. (2004). Effects of wildfire on soils and watershed processes. Em: *Journal of Forestry* (pp. 16-20).
- Meneses, B. (2011a). *Susceptibilidade e Risco de Movimentos de vertente no Concelho de Tarouca*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa. Portugal, (pp. 91).
- Meneses, B. (2011). *Erosão Hídrica do Solo. Caso de Estudo do Concelho de Tarouca*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. Portugal (pp. 95).
- Meneses, B. & Sarmento, H. (2012). *Avaliação da distribuição espacial de incêndios florestais no Concelho de Tarouca*. III Encontro de Sistemas de Informação Geográfica - Aplicação SIG em Recursos Agro-Florestais e Ambiente, IPCB, Castelo Branco, Portugal (pp. 39-40).
- Meneses, B. (2013). A Ação dos Pipkrakes na Mobilização de Solo na Serra de Santa Helena. In Nunes A.; Cunha L.; Santos J.; Ramos A.; Ferreira R.; Paiva I. & Dimuccio L. (eds) *Livro de atas do VI Congresso da Geomorfologia. Geomorfologia: novos e velhos desafios* (reviewed), Univ.de Coimbra, Coimbra (pp. 213-217).
- Pyne, S. (2006). Fogo no jardim: compreensão do contexto dos incêndios em Portugal. Em: Pereira, J., Pereira, J., Rego, F., Silva, J. & Silva, T. *Incêndios Florestais em Portugal*, (pp.115-131).
- Roxo, M. (1994) – *A acção antrópica na degradação de solos. A Serra de Serpa e de Mértola*. Tesis inédita de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, Portugal (pp. 251)
- Simms, A., Woodroffe, C. & Jones, B. (2003). Application of RUSLE for erosion management in a coastal catchment, southern NSW. Em: *MODSIM 2003: International Congress on Modelling and Simulation, 2*, Integrative Modelling of Biophysical, Social and Economic Systems for Resource Management Solutions, Australia (pp. 678-683).

- Vadilonga, T., U'beda, X., Germann, P. & Lorca, M. (2008). Effects of prescribed burnings on soil hydrological parameters. Em: *Hydrological Processes*, Vol. 22 (pp. 4249-4256).
- Wischmeier, W. & Smith, D. (1965). *Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation*. U.S. Department of Agriculture Handbook, 282, USDA, Washington.
- Wischmeier, W. & Smith, D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a Guide to conservation planning*. Department of Agriculture Handbook, 537, USDA, Washington.