

**O RAVINAMENTO NO CONTEXTO DA EROÇÃO HÍDRICA DO SOLO E O REGIME JURÍDICO  
DA RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL  
EXEMPLOS DA BACIA DO BAIXO TEJO**

**Rafaello BERGONSE<sup>1</sup>, Eusébio REIS<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa*

*Email: [rafaellobergonse@gmail.com](mailto:rafaellobergonse@gmail.com)*

<sup>2</sup> *Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa*

*Email: [eusebioreis@campus.ul.pt](mailto:eusebioreis@campus.ul.pt)*

**PALAVRAS-CHAVE**

Ravinamento, Erosão hídrica, Movimentos de massa, Reserva Ecológica Nacional

**RESUMO**

Dos vários tipos de erosão considerados de natureza hídrica, o ravinamento apresenta a maior variabilidade no que diz respeito à dimensão, configuração das formas resultantes, âmbito temporal de ocorrência e mecanismos evolutivos. As ravinas são controladas por conjugações entre processos hídricos e gravitacionais, cuja importância individual pode variar drasticamente ao longo do tempo. O presente trabalho tem por objectivos analisar a especificidade deste fenómeno, relativamente pouco estudado em Portugal, no que diz respeito às suas consequências, formas e processos, e aferir até que ponto os pressupostos teóricos que fundamentam a abordagem da erosão hídrica no regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional lhe são ajustados. A análise é complementada com exemplos observados na bacia do Baixo Tejo.

**KEYWORDS**

Gully erosion, Water erosion, Mass movements, National Ecological Reserve

**ABSTRACT-** GULLY EROSION IN THE CONTEXT OF WATER EROSION AND THE JURIDICAL REGIME OF THE NATIONAL ECOLOGICAL RESERVE. EXAMPLES FROM THE LOWER TAGUS BASIN - Among the different types of water erosion, gullying presents the larger variability as to size, morphology, temporal scope and evolutionary mechanisms. Gullies are controlled by combinations of concentrated flow and mass movement-related processes, whose individual importance can vary greatly through time. The objectives of this paper are to analyze the specificity of this type of erosion, as yet subject to little attention in Portugal, as regards its consequences, forms and processes, and to assess to which degree the theoretical assumptions that fundament the approach to water erosion adopted in the juridical regime of the National Ecological Reserve are adjusted to it. The analysis is complemented by observed examples from the Lower Tagus basin.

**1. INTRODUÇÃO**

Sob a designação genérica de “erosão hídrica” é habitualmente considerado um conjunto de processos, que inclui a erosão dita laminar ou em toalha, o desenvolvimento de canais pelo

escoamento subsuperficial (tubulação, ou *piping*), e a formação de canais superficiais pelo escoamento concentrado, designados sulcos ou ravinas em função de critérios dimensionais (Boadman e Poesen, 2006). Exceptuando a tubulação, cuja natureza subsuperficial está fortemente dependente das propriedades do rególito com respeito à circulação da água, os restantes processos são habitualmente assumidos como organizando-se sequencialmente em função da energia exercida pelo escoamento. Assim, será de esperar que comecem a formar-se sulcos quando um limiar de tensão tangencial exercida pelo fluxo é ultrapassado (Leopold *et al.*, 1964), e que estes se aprofundem e cresçam quando esta tensão aumenta. Esta assunção subjaz igualmente à ideia estabelecida de um *continuum* morfogenético ao longo do qual se seguem os sulcos, as ravinas e depois os rios, sendo as transições necessariamente subjectivas (Grissinger, 1996; Poesen *et al.*, 2003).

A análise da literatura mostra, porém, que o ravinamento pode apresentar uma enorme diversidade em termos de forma, dimensão e processos. No contexto do ordenamento do território, esta diversidade sugere que uma abordagem à erosão hídrica baseada na acção do escoamento não concentrado ou em sulcos pode ser desajustada a formas de maiores dimensões.

O presente artigo divide-se em duas partes. É primeiramente realizada uma breve revisão bibliográfica da especificidade do ravinamento em termos de consequências e processos evolutivos. Na segunda parte, é estabelecida uma comparação crítica entre o enquadramento teórico resultante da primeira parte e a abordagem à erosão hídrica constante no regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN), tal como estabelecido pelo Decreto-Lei nº166/2008, de 22 de Agosto. Pretende-se assim aferir até que ponto os pressupostos teóricos que sustentam a actual legislação se mantêm válidos face à especificidade do ravinamento.

Tanto a revisão como a comparação crítica são complementadas com exemplos concretos da incidência do fenómeno na margem esquerda da bacia do Baixo Tejo.

## 2. A ESPECIFICIDADE DO RAVINAMENTO

Existem numerosas definições de "ravina" na literatura. Porém, uma consideração das várias manifestações do fenómeno publicadas torna claro que tendem a ser redutoras, pressupondo contextos (e.g. solo agrícola, ocorrência ao longo de depressões topográficas) que não se verificam necessariamente. Estas contradições teóricas e os constrangimentos à investigação que delas resultam saem do âmbito do presente artigo, tendo sido já alvo de outro trabalho (Bergonse e Reis, 2011). Uma ravina pode ser aqui genericamente definida como: "um canal relativamente fundo, instável e em processo de erosão", sendo arbitrária a dimensão mínima que a separa de um sulco de grandes dimensões.

No que diz respeito às consequências, a especificidade do ravinamento pode ser descrita em dois contextos: aquelas que partilha com outros processos, causando-as porém em maior grau, e aquelas que lhe são exclusivas. No primeiro caso, encontra-se a enorme variabilidade em termos de perda de sedimentos, e.g. 1,6 ton/ha/ano e  $576 \pm 58$  ton/ha/ano (Poesen *et al.*, 2003; Martínez-Casnovas *et al.*, 2003). Em paralelo, o ravinamento aumenta a conectividade para o escoamento ao longo da vertente, promovendo o assoreamento e a eventual poluição de lagos e albufeiras (Wasson *et al.*, 2002), danos em propriedades devido às inundações com água

carregada de sedimentos (Evrard *et al.*, 2007), e agravando as consequências das cheias (Poesen e Hooke, 1997).

No segundo caso, e ao contrário dos outros processos hídricos, o ravinamento pode limitar severamente o tráfego e o uso do solo em função das alterações na topografia, não só condicionando os padrões de afolhamento (Valentin *et al.*, 2005), mas impedindo a própria circulação de animais e veículos. Na bacia do Baixo Tejo, um bom exemplo são os grandes complexos de ravinas, por vezes com mais de um hectare, em evolução sobre arenitos e conglomerados (Fig.1), sobretudo ao longo da Rib.<sup>a</sup> de Ulme e área envolvente.

A existência de entalhes profundos pode exercer controlo sobre a água no solo. Caso a vertente afectada possua uma toalha freática temporária, o incremento na drenagem causado pelo ravinamento pode levar ao abaixamento do nível freático, reduzindo a quantidade de água no perfil do solo dos sectores entre ravinas (e.g. Costa e Bacellar, 2007) e portanto disponível para culturas de sequeiro. Processo análogo pode ocorrer em fundos de vale (Avni, 2005).

Ao contrário das formas menores, as ravinas obrigam frequentemente os proprietários a despender tempo de trabalho com medidas de remediação, i.e. preenchimento com resíduos florestais ou pedras (e.g. Martínez-Casasnovas *et al.*, 2003). Igualmente ao contrário dos sulcos, a localização das ravinas é frequentemente determinada pela (macro)topografia, estando associada aos mesmos locais de concentração do escoamento ano após ano. Em contextos agrícolas, a cobertura periódica destas formas durante a lavoura com solo relativamente pouco coerente promove a remoção subsequente deste pelo escoamento concentrado e a manutenção das taxas de perda de sedimentos (Poesen *et al.*, 2006). Nos casos em que a forma cresce demasiado para ser eliminada com o material disponível (ou o agricultor suspende os esforços para a eliminar), podem originar-se canais entalhados com carácter permanente, promovendo os constrangimentos ao tráfego e ao uso já referidos. Na margem esquerda da bacia do Baixo Tejo, exemplos destas formas são frequentes sobre materiais arenosos, ao longo das Ribeira de Muge, Sôr e da Erra.

É importante levar em conta que o ravinamento não está necessariamente associado a concavidades topográficas, já que são muitos os exemplos de formas descritas em associação a elementos antrópicos, e.g. estradas, caminhos de gado ou terraços, e.g. Nyssen *et al.* (2002) (Fig.2).



Fig. 1 – Complexo de ravinas sobre arenitos. Freguesia de Ulme, Chamusca.



Fig. 2 – Ravina em expansão lateral ao longo de uma estrada. Freguesia de Ulme, Chamusca

As consequências do ravinamento no contexto das actividades humanas são sobretudo uma função da forma, por sua vez fortemente relacionada com os processos evolutivos. A análise da literatura deixa bem clara a enorme variabilidade existente em termos de dimensão, processos e escalas temporais. Do ponto de vista da dimensão, as formas variam entre canais incipientes (Vandaele *et al.*, 1996) até formas hectométricas evoluindo ao longo de muitas décadas, por vezes de forma descontínua. Do ponto de vista da organização, as formas podem ocorrer isoladas, em redes hierárquicas ou em complexos, resultantes da bifurcação e coalescência de múltiplas cabeceiras, podendo atingir enormes dimensões (e.g. Wells *et al.*, 1991; Betts *et al.*, 2003).

Os processos que controlam o surgimento e desenvolvimento de ravinas podem ser entendidos como ocupando posições entre dois extremos: um dominado pelo escoamento concentrado e outro pelos movimentos de massa, no qual a resposta das formas ao escoamento não é linear, mas sim condicionada pela disponibilidade de material depositado no fundo. Os colapsos que têm lugar nas cabeceiras e paredes de ravinas são controlados pela dinâmica entre a força da massa de material e as tensões sobre ela exercidas. Estas duas grandezas resultam da conjugação de numerosos factores (e.g. altura do canal, declive da parede/cabeceira e as suas propriedades físicas).

Tendencialmente, as ravinas são controladas pelo escoamento numa fase inicial. No entanto, a partir de uma profundidade crítica, os movimentos de massa ganham progressivamente importância, podendo chegar a representar a quase totalidade do material removido (Martínez-Casasnovas *et al.*, 2003). Em casos extremos, as formas podem manter-se inactivas durante anos, evidenciando actividade considerável apenas quando um evento crítico despoleta colapsos nas cabeceiras e paredes (e.g. Vandekerckhove *et al.*, 2003). É importante referir, porém, que as ravinas não têm necessariamente uma origem associada em exclusivo ao escoamento superficial. Na bacia do Baixo Tejo, por exemplo, são frequentes as cabeceiras originadas por colapsos em quebras na topografia (e.g. muros de suporte de estradas), somente depois exploradas pelo escoamento, originando o que na literatura se designa por ravinas de desnível (*bank gullies*, e.g. Poesen *et al.*, 2003).

### 3. O RAVINAMENTO NA RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL: UMA ANÁLISE CRÍTICA

Na actual formulação do regime da REN, constante do DL nº166/2008, de 22 de Agosto, as áreas de elevado risco de erosão hídrica são definidas, e os seus critérios de delimitação apresentados, na alínea *d)*, secção III, do Anexo I. De forma a evitar a redundância, será feita referência doravante apenas aos números em que esta alínea se divide.

A erosão hídrica é entendida como a perda de solo por acção do escoamento superficial, estando o elevado risco associado às áreas em que esta perda é excessiva (nº 1). O risco de erosão que determina as áreas a integrar na REN é função do “declive e da erodibilidade média do solo, resultante da sua textura, estrutura e composição” (nº 2). Subjacente a esta formulação está o pressuposto de que o declive é um indicador adequado da velocidade (i.e. erosividade) do escoamento produzido, cuja tensão exercida é oposta pela erodibilidade do solo. Esta assunção, já de si redutora face ao fluxo laminar e em sulcos (em que a consideração do comprimento das vertentes dará uma ideia mais ajustada da distribuição da tensão tangencial no terreno, cf. Wischmeier e Smith, 1978), é claramente desadequada no contexto específico do ravinamento, já

que os entalhes frequentemente surgem em concavidades topográficas onde os declives são relativamente suaves mas a área de drenagem é elevada, produzindo escoamento mais abundante, e portanto mais erosivo. O controlo exercido pelo declive e a área de drenagem sobre a localização de ravinas está amplamente demonstrado na literatura (e.g. Vandekerckhove *et al.*, 1998). Ao ser influenciada pela curvatura planiforme da topografia (ao contrário do comprimento das vertentes), a área de drenagem afigura-se um melhor indicador da quantidade de água que converge naturalmente para um determinado local.

A importância da quantidade de escoamento, por oposição ao declive, é adicionalmente demonstrada pela tendência para o entalhe de ravinas ao longo de caminhos e estradas não pavimentadas, onde estes canais se aprofundam e expandem lateralmente, condicionando o tráfego e transportando abundantes sedimentos para os fundos de vale. Nestes casos, o factor crítico é a concentração forçada do fluxo ao longo de uma depressão linear de origem antrópica, processo para o qual nenhuma medida de prevenção (e.g. canalização ao longo da berma) é considerada no actual regime da REN, centrado no escoamento não concentrado ou em sulcos. Esta situação ocorre de forma generalizada sobre os arenitos pliocénicos relativamente erodíveis na bacia do baixo Tejo (Fig.2). Outro processo frequentemente associado à acção antrópica é a já referida formação de cabeceiras em quebras na topografia, seguida da sua expansão dominada por movimentos de massa.

Uma importante evidência do desajustamento do regime jurídico da REN ao ravinamento resulta do pressuposto de que toda a erosão hídrica está por definição associada ao escoamento superficial (nº 1), subjacente à permissão em áreas de REN de usos que não coloquem em causa a “regulação do ciclo hidrológico através da promoção da infiltração em detrimento do escoamento superficial” (nº 3). Como já foi referido, ravinas desenvolvidas tendem a evoluir sobretudo através de movimentos de massa a partir de uma determinada profundidade; nesta fase, o aumento da infiltração promove a continuação dos colapsos (Betts *et al.*, 2003; Martínez-Casnovas *et al.*, 2009). Na bacia do Baixo Tejo, este é claramente o caso dos grandes complexos de ravinas já referidos em associação à Rib.<sup>a</sup> de Ulme e área envolvente, actualmente desconectados da rede de drenagem e evoluindo através de movimentos de massa nas cabeceiras. A expansão destas formas, evidenciada pelos depósitos de material ao longo das paredes e pelas numerosas árvores desenraizadas pelo seu recuo, poderia mais facilmente ser travada através da evacuação do escoamento superficial das suas áreas de cabeceira do que da sua infiltração, que vem intensificar a tensão a que as paredes estão já sujeitas.

Por último, é importante considerar que a escala temporal alargada do ravinamento face aos outros processos erosivos pode levar a que formas originadas em condições ambientais diferentes das actuais (e.g. usos do solo passados), evoluam activamente em áreas sem as condições ambientais (e.g. limiares de declive/erodibilidade) definidas como críticas. Estes contextos, quando detectados, justificam a inclusão na REN tendo como justificação as formas em presença, por oposição aos seus supostos factores de controlo.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise realizada e os exemplos apresentados tornam claro que o enquadramento teórico da erosão hídrica subjacente ao regime da REN é desajustado face à especificidade do ravinamento.

Este desajustamento pode ser sintetizado em quatro pontos: (1) toda a erosão hídrica é generalizada como resultando do escoamento superficial; (2) no contexto do escoamento superficial, o declive é dado como variável representativa em desconsideração da área de drenagem, cujo controlo sobre o ravinamento está amplamente estabelecido na literatura; (3) não são considerados elementos antrópicos como as estradas e respectivos muros de suporte, localizações privilegiados de ocorrência de entalhes; (4) no caso específico do ravinamento, é possível que as formas actualmente em evolução sejam produto de factores que já não se verificam, designadamente o uso do solo no passado. Nestes casos particulares, o factor de risco de erosão hídrica é a própria presença das ravinas, o que está em contraste com o actual regime da REN, baseado na presença observável de factores causadores de erosão (declive/erodibilidade).

## BIBLIOGRAFIA

- Avni, Y. (2005) – Gully incision as a key a key factor in desertification in an arid environment, the Negev highlands, *Israel. Catena* 63, 185-220.
- Bergonse, R.; Reis, E. (2011) – Theoretical constraints to gully erosion research: time for a re-evaluation of concepts and assumptions? *Earth Surface Processes and Landforms*. DOI: 10.1002/esp.2188.
- Betts, H.D.; Trustrum, N.A.; De Rose, R.C. (2003) – Geomorphic changes in a complex gully system measured from sequential digital elevation models, and implications for management. *Earth Surface Processes and Landforms* 28, 1043-1058.
- Boardman, J.; Poesen, J. (2006) – Soil Erosion in Europe: Major Processes, Causes and Consequences. In Boardman, J.; Poesen, J. (Eds.) – *Soil Erosion in Europe*. John Wiley and Sons.. 479-487.
- Costa, F.M.; Bacellar, L.A.P. (2007) – Analysis of the influence of gully erosion in the flow pattern of catchment streams, Southeastern Brazil. *Catena* 69, 230-238.
- Evrard, O.; Bielders, C.L.; Vandaele, K.; van Wesemael, B. (2007) – Spatial and temporal variations of muddy floods in Central Belgium, off-site impacts and potential control measures. *Catena* 70, 443-454.
- Grissinger, E. (1996) – Rill and gullies erosion. In Agassi, M. (Ed.) – *Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation*. CRC Press.
- Leopold, L.B.; Wolman, M.G.; Miller, J.P. (1964) – *Fluvial Processes in Geomorphology*. W.H. Freeman and Company.
- Martínez-Casasnovas, J.A.; Antón-Fernández, C.; Ramos, M.C. (2003) – Sediment production in large gullies of the Mediterranean area (NE Spain) from high-resolution digital elevation models and geographical information systems analysis. *Earth Surface Processes and Landforms* 28, 443-456.
- Martínez-Casasnovas, J.A.; Ramos, M.C.; Garcia-Hernández, D. (2009) – Effects of land-use changes in vegetation cover and sidewall erosion in a gully head of the Penedès region (northeast Spain). *Earth Surface Processes and Landforms* 34, 1927-1937.
- Nyssen, J.; Poesen, J.; Moeyersons, J.; Luyten, E.; Veyret-Picot, M.; Deckers, J.; Haile, M.; Govers, G. (2002) – Impact of road building on gully erosion risk: a case study from the northern Ethiopian highlands. *Earth Surface Processes and Landforms* 27, 1267-1283.
- Poesen, J.; Hooke, J.M.(1997) – Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe. *Progress in Physical Geography* 21, 2. 157-199.
- Poesen, J.; Nachtergaele, J.; Verstraeten, G.; Valentin, C. (2003) – Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50, 91-133.
- Poesen, J.; Vanwalleghem, T.; de Vente, J.; Knapen, A.; Verstraeten, G.; Martínez-Casasnovas, J. (2006) – Gully erosion in Europe. In Boardman, J.; Poesen, J. (Eds.) – *Soil Erosion in Europe*. John Wiley and Sons.. 515-536.
- Valentin, C.; Poesen, J.; Li, Y. (2005) – Gully erosion: impacts, factors and control. *Catena* 63, 132-153.
- Vandaele, K.; Poesen, J.; Govers, G.; van Wesemael, B. (1996) – Geomorphic threshold conditions for ephemeral gully incision. *Geomorphology* 16, 161-173.
- Vandekerckhove, L.; Poesen, J.; Oostwoud Wijdenes, D.; Figueiredo, T. de (1998) – Topographical thresholds for ephemeral gully initiation in intensively cultivated areas of the Mediterranean. *Catena* 33, 271-292.
- Vandekerckhove, L.; Poesen, J. Govers, G. (2003) – *Medium-term gully headcut retreat rates in Southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements*. *Catena*, 50, 329-352.
- Wasson, R.J.; Caitcheon, G.; Murray, A.S.; Mcculloch, M.; Quade, J. (2002) – *Sourcing sediment using multiple tracers in the catchment of lake Argyle, Northwestern Australia*. *Environmental Management* 29, 634-646.
- Wells, N.; Andriamihaja, B.; Rakotovololona, H.F. (1991) – *Patterns of development of lavaka, Madagascar's unusual gullies*. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol.16, 189-206.
- Wischmeier, W.; Smith, D. (1978) – *Predicting rainfall erosion losses – A Guide to Conservation Planning*. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Handbook nº 537.