

Definição e caracterização de padrões de ravinamento à escala regional: o caso da bacia do Tejo

Definition and characterization of gully erosion patterns at the regional scale: the case of the Tagus basin

R. Bergonse¹, E. Reis¹

¹Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, Alameda da Universidade, edifício da Faculdade de Letras, 1600-214, Lisboa, Portugal. E-mail: rafaelobergonse@gmail.com

Abstract

In this paper, gully erosion patterns occurring along a study area of regional scope in the Tagus basin are characterized. The study area was divided into units corresponding to different combinations between topography, lithology and soil type, deemed critical factors in gully formation and evolution. Analysis of the largest units through orthophoto interpretation resulted in the delimitation of 55 locations where gullies are systematically distributed, as well as the characterization of their erosion patterns, herein defined as combinations between the morphometry, relative position and dynamics of the forms in each location. All patterns were combined to define nine general gully erosion patterns, whose relations with the three factors above mentioned, as well as land use and rainfall, were then investigated. Results show that gullies occur with great variability in the study area, both morphometrically and dynamically, and that its detailed consideration implies different methodological approaches as well as different spatial and temporal scales of information. Although it was not possible to observe control over all general gully erosion patterns on the part of any of the factors considered, relations between five of these patterns and lithology allowed the proposal of two hypothetical evolutionary sequences, providing a broad perspective that may constitute a departing point for future investigation. At the same time, results made evident the locations in the study area where gully erosion presently occurs most dynamically, setting a priority for detailed studies.

Keywords

Gully erosion, gully erosion patterns, soil erosion, Tagus basin

Resumo

Neste trabalho são caracterizados os padrões espaciais que o ravinamento assume numa área de estudo de âmbito regional, situada na margem esquerda da bacia do Tejo e abrangendo cerca de 2912 Km². A área foi dividida em unidades correspondentes a combinações particulares entre a topografia, a litologia e o tipo de solo, considerados factores críticos no surgimento e desenvolvimento de ravinas. A análise das unidades maiores com recurso a ortofotos permitiu delimitar 55 locais onde o ravinamento ocorre de forma sistemática e caracterizar os respectivos padrões de ocorrência, entendidos como combinações entre morfometria, posição relativa e dinamismo das formas observadas. Estes padrões foram agrupados em nove padrões gerais de ravinamento, cujas relações com as três variáveis já referidas, o uso do solo e a precipitação foram depois analisadas. Os resultados mostram que o ravinamento apresenta grande variabilidade em termos morfométricos e dinâmicos na área de estudo, implicado o seu estudo aprofundado diferentes abordagens metodológicas e escalas espaciais e temporais de informação. Embora não tenha sido observado controlo por parte de nenhuma das variáveis analisadas sobre a totalidade dos padrões gerais de ravinamento, as relações entre cinco dos padrões com formas de maiores dimensões e a litologia permitiram organizá-los em duas sequências evolutivas hipotéticas, numa perspectiva de conjunto generalizada que poderá constituir um ponto de partida para estudos posteriores. Ao mesmo tempo, a metodologia aplicada permitiu observar onde o fenómeno estudado se apresenta actualmente com maior dinamismo, e os estudos de pormenor se afiguram prioritários.

Palavras-Chave

Ravinamento, padrões de ravinamento, erosão do solo, bacia do Tejo

Introdução

De todos os processos de erosão do solo, o ravinamento é aquele que possui uma maior variabilidade no que diz respeito à dimensão e configuração das formas resultantes e ao âmbito temporal de ocorrência. Embora sejam geralmente consideradas como um resultado da erosão hídrica, as ravinas surgem e evoluem através de diferentes combinações entre o escoamento e os movimentos de massa, podendo a importância relativa de cada um destes mecanismos variar grandemente ao longo do tempo (Blong *et al.*, 1982; Betts *et al.*, 2003). As consequências morfogenéticas do fenómeno variam desde a formação de canais incipientes, eliminados anualmente durante as operações de lavoura, até alterações significativas na própria topografia, dando origem a áreas densamente entalhadas pelo escoamento e restritivas de qualquer utilização de carácter agrícola.

Os muitos trabalhos que têm sido dedicados ao fenómeno têm-se centrado maioritariamente em formas com características homogéneas, e.g. ravinas efémeras (Capra *et al.*, 2005), formadas em quebras na topografia (Vandekerckhove *et al.*, 2001), em fundos de vale (Thomas *et al.*, 2009), ou formas de dimensões hectométricas e mesmo quilométricas, frequentemente estendendo-se ao longo de toda uma vertente (e.g. Slaymaker, 1982; Wells *et al.*, 1991; DeRose *et al.*, 1998). Os âmbitos espaciais considerados também têm sido relativamente restritos, sendo os mais extensos, da ordem dos milhares de km², associados a classificações regionais da abrangência e severidade dos processos de erosão hídrica, i.e. erosão laminar, sulcagem e ravinamento (Morgan *et al.*, 1997; Flügel *et al.*, 2003), mas nunca centrados especificamente na formação e evolução de ravinas.

Em Portugal, o processo foi tema de trabalhos desde os anos 80 (Rebelo, 1982; Rebelo *et al.*, 1986). Até ao momento, porém, é pouco numerosa a literatura que lhe é especificamente dedicada (e.g. Pedrosa *et al.*, 2001; Roxo e Calvo-Cases, 2009; Martins, 2009), tendo uma parte significativa desta surgido no âmbito de colaborações possibilitadas pelo projecto MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*), entre 1991 e 1998 (e.g. Poesen *et al.*, 1996; Vandaele *et al.*, 1996; Vandekerckhove *et al.*, 1998, 2000).

Objectivos

O objectivo principal deste trabalho foi o de estabelecer uma primeira perspectiva de conjunto sobre o ravinamento numa área de âmbito regional onde este fenómeno não foi ainda considerado. Subjacentes a este objectivo estão três objectivos secundários: (1) Caracterizar os grandes padrões que o fenómeno assume, e aferir de forma preliminar possíveis ligações a diferentes factores de controlo; (2) Definir questões para investigação num contexto de estudos futuros; (3) Definir áreas prioritárias para estudo, com base na actividade, dimensão e abundância das formas.

Por oposição à natureza parcelar da maioria dos estudos publicados, o presente trabalho pretende contribuir para uma abordagem integradora do fenómeno, propondo uma primeira perspectiva de escala regional cujos resultados constituam pontos de partida para futuras abordagens mais específicas a diferentes escalas espaciais e temporais.

Metodologias

Com base numa revisão da literatura, uma ravina foi conceptualizada como “um canal, de dimensões e morfologia variável, resultante de diferentes combinações entre o escoamento e os movimentos de massa, ao longo do tempo”. Neste contexto, foram considerados críticos para o seu surgimento e desenvolvimento cinco factores: a precipitação, a topografia, a litologia, as propriedades do solo e o uso do solo, sendo assumido que diferentes combinações estarão associadas a formas com diferentes propriedades.

Dada a grande extensão da área de estudo (2912km², Figura 1), optou-se por considerar as áreas que reúnem as combinações mais frequentes dos factores referidos. Estas áreas, denominadas Unidades Espaciais Homogéneas (UEH) foram obtidas através do cruzamento de quatro temas cartográficos: o

Índice de Potência do Escoamento e o Índice Topográfico de Encharcamento, representando o controlo exercido pela topografia e obtidos com base na altimetria de escala 1:25000, a litologia, obtida com base na carta geológica de Portugal de escala 1:500000, e o tipo de solo, obtido a partir da carta complementar de solos de Portugal de escala 1:25000. A distribuição das classes/valores em cada um dos temas foi analisada visualmente, sendo a área de estudo dividida quanto aos seus grandes padrões de ocorrência. No caso dos solos, a informação foi adicionalmente reclassificada ao nível mais básico da Ordem. Esta divisão em grandes padrões resultou na generalização da informação de maior escala, compatibilizando-a com a pequena escala do tema de geologia, considerada adequada ao âmbito regional pretendido para o presente trabalho.

Optou-se por não utilizar o uso do solo na definição de UEH em função da sua natureza transitória. No caso da precipitação, a reduzida variação dos totais anuais médios através da área de estudo (cf. Daveau *et al.*, 1977, escala 1:500000) levou a que este factor fosse assumido como espacialmente invariante. A potencial importância destas duas variáveis foi alvo de análise posterior.

Para cada uma das 10 UEH mais extensas, abrangendo conjuntamente 62,4% da área de estudo (Figura 1), foram definidas aleatoriamente áreas amostrais circulares de 15km², na quantidade necessária para ocupar 60% da extensão das respectivas UEH.

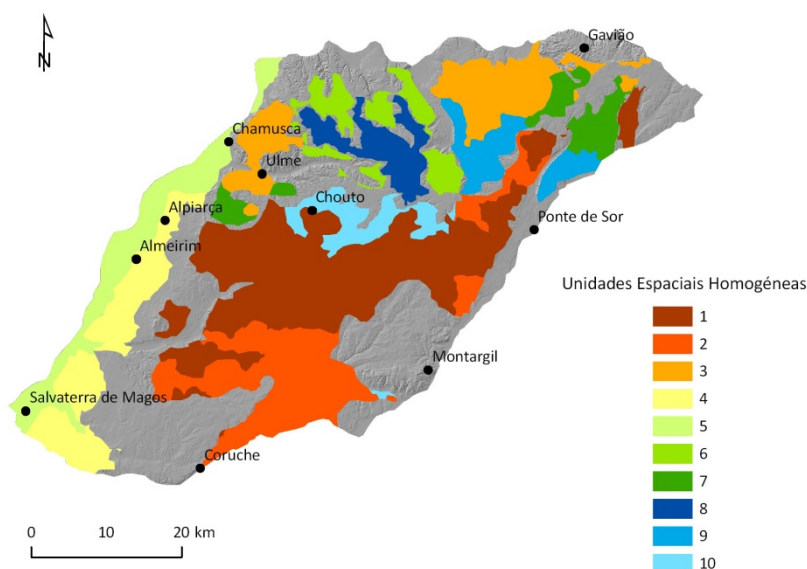


Figura 1. Limites da área de estudo, principais localidades, e as dez unidades espaciais homogêneas sujeitas a análise.

A análise de ortofotos digitais (Instituto Geográfico Português, 2004, resolução 0,5m) referentes às 77 áreas amostrais circulares permitiu delimitar 55 padrões de ravinamento, correspondendo a locais apresentando ravinas de forma sistemática e tendo uma extensão mínima de 1 ha. Foram consideradas ravinas os canais entalhados e claramente distinguíveis da topografia envolvente, não obstante o grau de actividade. Os padrões de ravinamento foram depois caracterizados com base no conjunto de parâmetros apresentado no Quadro 1. A validação no terreno desta caracterização encontra-se ainda em curso, podendo os resultados vir a ser alvo de eventuais mudanças no futuro.

A análise visual comparativa dos diferentes padrões foi articulada com as suas características na definição de nove padrões gerais de ravinamento (PGR). A distribuição de cada PGR foi depois comparada com os quatro temas cartográficos já referidos, bem como com o uso do solo, de forma a aferir possíveis relações.

Quadro 1. Parâmetros para a classificação dos padrões de ravinamento.

Parâmetro	Classes
Tipo	Incipientes: Formas com carácter linear e largura mínima para serem perceptíveis na ortofoto (aprox.2 m), iniciando um grau de entalhe reduzido.
	Desenvolvidas: Formas entalhadas e de largura facilmente perceptível na ortofoto.
	Formas simples
Organização	Isoladas: formas não estão organizadas em redes hierárquicas.
	Ramificadas: formas organizam-se hierarquicamente, havendo ravinas tributárias de outras.
	Formas em complexos: Para os mesmos limites, formas possuem mais do que uma cabeceira e um canal, separados por interflúvios topográficamente inferiores à superfície envolvente.
Dimensão¹	Pequenas a médias: Formas possuem extensões longitudinais tendencialmente < 30m
	Médias a grandes: formas possuem tendencialmente extensões longitudinais >30m
	Muito grandes: Formas possuem centenas de m de extensão e pelo menos vários metros de largura.
Actividade	Activas: A generalidade das formas apresenta sinais de actividade: áreas extensas sem vegetação, limites bem marcados e tonalidade diferente da envolvente.
	Predominantemente activas: a maioria das formas apresenta sinais de actividade
	Predominantemente inactivas: maioria das formas encontra-se estabilizada, estando colonizada pela vegetação e/ou apresentando limites suaves.
	Inactivas: generalidade das formas encontra-se estabilizada.

¹Para formas ramificadas, a classe refere-se à rede, e não a cada ravina individual

Resultados

A análise dos 55 padrões delimitados quanto às propriedades das formas permitiu observar que apenas uma pequena parte dos padrões (9,1%) apresenta formas incipientes (i.e. ravinas efémeras). Estas estão invariavelmente activas e não ocorrem em conjugação com formas de maiores dimensões.

No que diz respeito às formas desenvolvidas, a área de estudo é marcada pela prevalência de ravinas “muito grandes” (vd. Tabela 1), ocorrendo em 62% de todos os padrões delimitados. Estas formas hectométricas apresentam-se total ou predominantemente inactivas em 94% dos casos, em contraste com as ravinas consideradas “médias a grandes” e “pequenas a médias”, que se apresentaram total ou predominantemente activas em, respectivamente, 87,5% e 100% dos padrões onde ocorrem.

É de salientar a associação frequente entre complexos de ravinas e formas simples: dos 18 padrões onde se verificam estas conjugações, correspondendo a 33% de todos os padrões delimitados, apenas em 2 as ravinas não são “muito grandes”.

Os complexos revelaram ter uma presença importante nos padrões de ravinamento observados, ocorrendo em 26 casos (47% do total). Adicionalmente, salientam-se pela relação entre dimensão e actividade, já que ocorrem com dimensões “médias a grandes” e/ou “muito grandes” em 20 dos 55 padrões delimitados (36%), e total ou predominantemente activos em 19 desses 20.

A análise comparativa dos 55 padrões permitiu agrupá-los em 9 padrões gerais, designados com letras de A a I (Quadro 2). Os dois últimos foram associados a um polígono apenas, na medida em que as formas observadas não se enquadram em nenhum dos outros padrões gerais.

Quadro 2. Características dos padrões gerais de ravinamento definidos.

PGR	Descrição	nº de padrões delimitados
A	Grandes ravinas em rede de dimensões hectométricas. As formas apresentam-se entalhadas e com limites bem definidos, em particular nos sectores de cabeceira, e presentemente inactivas. Os sectores jusante encontram-se mais ou menos assoreados e de limites suavizados.	4
B	Grandes ravinas ramificadas, inactivas e de dimensões hectométricas. Presença generalizada de complexos de ravinas ao longo das paredes, total ou predominantemente activos, e estendendo-se frequentemente do alto até à base.	5
C	Grandes ravinas inactivas, de dimensões hectométricas. As formas não são ramificadas ou apresentam ramificação incipiente, organizando-se em torno de fundos de vale aplanados. Menos entalhadas e de contornos menos marcados do que A e B.	15
D	Predomínio de complexos de ravinas, total ou predominantemente activos, frequentemente em associação com grandes ravinas em rede (inactivas) e com ravinas menores (activas). Complexos situam-se predominantemente em torno de depressões topográficas.	16
E	Ravinas incipientes, de carácter linear (i.e. ravinas efémeras). Dezenas a centenas de m de comprimento, ocorrendo sobretudo em rede, e activas.	6
F	Ravinas mais profundas e largas do que em E, com comprimentos de dezenas de metros. Formas frequentemente descontínuas, em associação com estradas florestais, e sem um controlo topográfico claro.	3
G	Ravinas entalhadas, tanto isoladas como ramificadas, ao longo de depressões topográficas. Embora se estendam ao longo de dezenas a centenas de m, e tenham poucos m de largura, os canais são descontínuos, apresentando sectores com graus de incisão muito diferentes, e frequentemente desconectados do resto da rede.	4
H	Ravinas entalhadas e com centenas de metros de comprimento, embora com dimensões inferiores às formas hectométricas em A, B e C. As formas constituem a cabeceira da rede de drenagem. Encontram-se predominantemente inactivas.	1
I	Ravinas de grandes dimensões (centenas de m de comprimento, embora menores do que A, B e C) entalhadas ao longo de fundos de vale. Contexto topográfico semelhante a G, mas formas maiores.	1
Total		55

A análise da correspondência entre estes nove padrões, os temas cartográficos utilizados para dividir a área de estudo, o uso do solo (Cartografia CORINE Land Cover 2007, escala 1:100000) e a precipitação anual média (Daveau *et al.*, 1977, escala 1:500000) não permitiu definir nenhum factor de controlo geral. Embora os índices topográficos pareçam ter alguma associação com alguns dos padrões, a sua objectividade é condicionada pela presença de fundos de vale em algumas das áreas delimitadas, resultando em valores relativamente elevados. Ao mesmo tempo, os valores dos índices são condicionados pela própria forma das ravinas hectométricas nos padrões gerais A, B, e C (e de alguns dos complexos em D) com expressão na informação topográfica de base.

O tipo de solo parece apenas poder exercer controlo sobre os padrões E (formas efémeras), onde os solos Podzolizados correspondem a 89,2% da área delimitada (desvio padrão de 8,9) e G, onde os solos Litólicos abrangem 96,2% da área delimitada (desvio-padrão de 2,8). Em todos os outros, os tipos de solo apresentam grande variabilidade e dispersão.

O uso do solo é caracterizado em todos os padrões pelo predomínio das classes florestais, não permitindo assumir qualquer controlo face aos diferentes padrões gerais. O mesmo ocorre com a precipitação anual média.

Ao contrário das outras variáveis, a litologia parece exercer um controlo importante sobre o ravinamento à escala utilizada. A articulação da proporção relativa das duas litologias dominantes (Conglomerados da Serra de Almeirim e Arenitos de Ulme, subjacentes) com a noção de uma variação progressiva entre uma importância máxima dos conglomerados até uma importância máxima dos arenitos à medida que se dá o entalhe e alargamento da rede de drenagem ao longo do tempo permitiu organizar cinco dos nove padrões em duas sequências hipotéticas de desenvolvimento, culminando nas amplas áreas de arenitos expostas onde hoje evoluem os complexos e as ravinas de menores dimensões.

Discussão

As análises realizadas tornaram claro que a variabilidade morfométrica existente condiciona a capacidade da informação utilizada para diferenciar padrões de ravinamento. Ao terem expressão na cartografia topográfica de base, as formas hectométricas são a causa, e não a consequência, dos valores dos índices topográficos aplicados, ultrapassando também a actual espessura do solo por muitos metros. Cronologicamente, não pode ser suposta qualquer relação entre a sua evolução e o presente uso do solo, cuja duração só pode ser assumida para alguns anos. Apenas a litologia, único factor cujo controlo abrangeu a quase totalidade da sua evolução, permite diferenciar estes grandes padrões.

No caso das formas menores, a escala da informação revelou-se excessivamente generalizada. Os índices topográficos só podem ser considerados com relação a cada forma individual, de forma a não serem condicionados pela topografia exterior à forma (e.g. fundos de vale próximos). A escala da Cartografia CORINE desconsidera elementos lineares ou pontuais como estradas florestais ou locais de extracção de matérias-primas como cascalho ou areias. Estas actividades são frequentes na região estudada e foram observadas em associação com ravinhas e complexos, podendo constituir um factor relevante apenas observável em estudos de pormenor.

À escala das formas com profundidades centimétricas e métricas, as propriedades pedológicas deverão ser consideradas a um nível mais específico, como o do grupo ou subgrupo. Porém, conforme foi possível observar no campo, a reduzida espessura do *solum* faz com que esta variável só possa exercer qualquer efeito numa fase muito incipiente do entalhe (e.g. ravinhas efémeras). A observação de campo tornou também clara a necessidade de, em estudos de pormenor, considerar a litologia separadamente para cada uma das formas individuais, já que o perfil do rególito apresenta frequentemente uma sucessão, por vezes ao longo de poucos metros, de materiais com propriedades texturais e estruturais muito diferenciadas.

As características dos vários padrões gerais permitiram definir duas questões centrais para investigação futura, cujos âmbitos temporais distintos implicam diferentes abordagens metodológicas:

- (1) Como é que os padrões de ravinamento hectométricos (A, B, C) se relacionam com a cronologia da erosão e sedimentação na área de estudo desde a deposição da unidade litológica mais recente (Conglomerados da Serra de Almeirim) e quais os factores que controlaram a sua diferenciação?
- (2) Que factores controlam o surgimento, evolução e diferenciação das formas menores, actualmente activas?

No contexto deste segundo grupo de questões, a actividade, extensão da degradação e abundância associada aos complexos de ravinhas, associados aos padrões gerais B e D e ocorrendo no Concelho da Chamusca, tornam estas formas claramente prioritárias para futuros estudos de pormenor.

Conclusões

A metodologia aplicada permitiu diferenciar na área de estudo nove padrões gerais de ravinamento ocorrendo sob as condições topográficas, litológicas e pedológicas mais frequentes. Estes padrões apresentam grande variabilidade morfométrica e dinâmica, não podendo ser diferenciados com base na topografia, tipo de solo, uso do solo ou precipitação anual. A litologia, ao contrário das outras variáveis, permitiu associar cinco dos padrões apresentando formas de maiores dimensões numa sequência evolutiva hipotética, assente num entalhe progressivo da rede hidrográfica.

A variabilidade inerente aos nove padrões diferenciados permitiu definir duas questões centrais para investigação futura, assentes em contextos teóricos e metodológicos distintos: um centrado na morfogénese fluvial a uma escala temporal estendendo-se no máximo até ao Pliocénico superior, altura da deposição dos conglomerados que constituem a superfície culminante da área de estudo, e outro centrado nas formas presentemente activas e na sua dinâmica a uma escala multi-decadal.

Com base na dinâmica presente, extensão da degradação e abundância das formas, foram considerados como objecto prioritário para estudos de pormenor os complexos de ravinas que presentemente evoluem sobre arenitos no Concelho da Chamusca.

Agradecimentos

Este trabalho foi possibilitado por uma bolsa de doutoramento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (ref. SFRH/BD/46949/2008), atribuída a R. Bergonse.

Referências

- 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
- Blong, R.J.; Graham, O.P.; Veness, J.A. (1982) – The role of sidewall processes in gully development; some N.S.W. examples. *Earth Surface Processes and Landforms* vol.7, 381-385
- Capra, A.; Mazzara, L.M.; Scicolone, B. (2005) – Application of the EGEM model to predict ephemeral gully erosion in Sicily, Italy. *Catena* 59, 133-146
- Daveau, S.; Coelho, C.; Gama e Costa, V.; Carvalho, L. (1977) – Répartition et rythme des précipitations au Portugal. *Memórias do Centro de Estudos Geográficos* nº3, Lisboa, 192 pag.
- De Rose, R.C.; Gomez, B.; Marden, M.; Trustrum, N.A. (1998). Gully erosion in Mangatu Forest, New Zealand, estimated from digital elevation models. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 1045-1053.
- Flügel, W.; Märker, M.; Moretti, S.; Rodolfi, G.; Sidorchuk, A. (2003) – Integrating geographical information systems, remote sensing, ground truthing and modelling approaches for regional classification of semi-arid catchments in South Africa. *Hydrological Processes* 17, 929-942
- Martins, B. (2009) – A Depressão de Régua-Chaves-Verin – Contributo para a Análise do Risco de Ravinamento. Universidade de Coimbra. 396 pp. (Tese de Doutoramento).
- Morgan, R.P.C.; Rickson, R.J.; McIntire, K.; Brewer, T.R.; Altshul, H.J. (1997) – Soil erosion survey of the central part of the Swaziland Middleveld. *Soil Technology* 11, 263-289
- Pedrosa, A.; Bateira, C.; Soares, L.; Silvério, M. (2001) – Metodologia para o estudo dos ravinamentos. In *Metodologias de Estudos de Processos de Erosão do Solo*. Universidade do Porto. Pp. 85-98
- Poesen, J.; Vandaele, K.; Van Wesemael, B. (1996) - Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. In *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*. Proceedings of the Exeter Symposium, July. IAHS Publication nº236
- Rebello, F. (1982) – Considerações metodológicas sobre o estudo dos ravinamentos. *Comunicações, II Colóquio Ibérico de Geografia*, Lisboa, 1980. Vol.1.: 339-350
- Rebello, F.; Cunha, L.; Rochette Cordeiro, A.M. (1986) – Sobre a origem e a evolução actual dos ravinamentos em calcários margosos na área de Condeixa. *Actas do IV Colóquio Ibérico de Geografia*, Coimbra. Pp.875-882.
- Roxo, M.J.; Calvo-Cases, A. (2009) – Analysing the factors affecting gully development and their relationships with land-use changes in the east Alentejo (Portugal). In Diaz, A.R.; Serrato, F.B.; Sarria, F.A.; Lopez Bermúdez, F. (Coords.) – *Advances in Studies on Desertification: Contributions to the International Conference on Desertification in Memory of Professor John B. Thornes*. Publicaciones de la Universidad de Murcia: 717-720
- Slaymaker, O. (1982) – The occurrence of piping and gulying in the Penticton glacio-lacustrine silts, Okanagan Valley, B.C. In Bryan, R.; Yair, A. (Eds.) - *Badland Geomorphology and Piping*. Geo books, Norwich. Pp. 305-316
- Thomas, J.T.; Iverson, N.R.; Burkart, M.R. (2009) – Bank-collapse processes in a valley bottom gully, western Iowa. *Earth Surface Processes and Landforms* 34, 109-122
- 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.; Oostwoud Wijdenes, D.; Nachtergaele, J.; Kosmas, C.; Roxo, M.J.; Figueiredo, T. de (2000) - Thresholds for gully initiation and sedimentation in Mediterranean Europe. *Earth Surface Processes and Landforms* 25, 1201-1220
- Vandekerckhove, L.; Poesen, J.; Oostwoud Wijdenes, D.; Gyssels, G. (2001) – Short term bank gully retreat rates in Mediterranean environments. *Catena* 44, 133-161
- 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