

IV. ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROCES- SOS DE ESCOAMENTO DESENVOLVIDOS EM TERRAÇOS AGRÍCOLAS DE ÁREAS COM GRANÍTÓIDES E METASSEDIMEN-

PEREIRA, S., BATEIRA, C., HERMENEGILDO, C., SEIXAS, A.

RESUMO

Com recurso à monitorização dos processos hidrológicos realizada a partir de campos experimentais numa área granítica (Baião) e outro numa área metassedimentar (Peso da Régua), avaliámos o efeito indirecto da litologia sobre o funcionamento hidrológico de vertentes em terraços agrícolas.

Os campos experimentais são compostos por uma estação meteorológica, parcelas de monitorização do escoamento superficial, localizadas em diferentes pontos das vertentes, e um medidor de níveis de escoamento da bacia hidrográfica.

Constataram-se diferenças importantes no tempo mínimo e na quantidade de precipitação necessária ao início do escoamento superficial nas vertentes e no conjunto da bacia hidrográfica. Concluiu-se que as respostas do escoamento nos terraços dependem, principalmente, da localização das parcelas nas vertentes e da intensidade da precipitação.

Nos metassedimentos a resposta da bacia hidrográfica é mais rápida e variável do que nos granitóides, relacionando-se directamente com a intensidade da precipitação, com o desenvolvimento do escoamento superficial e do fluxo interno rápido. Na área granítica há uma alimentação por fluxo interno lento, que mantém os níveis de escoamento elevados, mesmo em períodos secos prolongados.

Os processos de escoamento em pequenas bacias hidrográficas devem ser analisados de uma forma integrada e enquadrados na sequência anterior de precipitações. O comportamento hidrológico das vertentes de áreas de granito e metassedimentos é diferente, influenciando o factor de estabilidade das vertentes.

Palavras-chave: hidrologia de vertentes; bacia hidrográfica; escoamento superficial; fluxo interno lento; fluxo interno rápido.

1 - Comunicação apresentada no 3º Congresso Nacional de Geomorfologia, Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Dinâmicas Geomorfológicas. Metodologias. Aplicação, a 12-14 de Outubro de 2006, Funchal.

INTRODUÇÃO

Apresentação do problema e objectivos

O comportamento de muitos movimentos de vertente está condicionado pelos processos hidrológicos, ou seja, pela variação da quantidade de água armazenada nas zonas saturada e não saturada do solo, pela influência de macroporos, rede de fracturação e situações de obstrução da drenagem interna dos materiais (Malet et al., 2005; Van Asch et al., 1999).

Nestes casos, o desencadeamento dos movimentos de vertente é controlado por padrões de precipitação de diferentes características. A análise da precipitação e das ocorrências de movimentos de vertente permite estudar os limiares críticos de precipitação necessários ao seu desencadeamento. Estas investigações devem também ter em conta as características geomecânicas e hidrológicas dos movimentos de vertente (Van Asch et al., 1999).

Este trabalho teve como objectivos principais: analisar o funcionamento hidrológico das vertentes em áreas de terraços agrícolas no Vale do Douro, localizadas em contextos litológicos diferentes; comparar tipos de episódios de precipitação com o escoamento superficial desenvolvido em terraços agrícolas de um campo experimental instalado numa área granítica (Campo Experimental de Baião) e noutra metassedimentar (Campo Experimental do Peso da Régua); e avaliar o efeito da litologia no comportamento hidrológico das vertentes e a sua importância para a análise da instabilidade.

Nesse sentido, monitorizaram-se os processos hidrológicos das vertentes com terraços agrícolas que possuem os mesmos factores condicionantes verificados em situações de instabilidade já estudadas no Norte de Portugal (Bateira et al., 2004; Bateira e Soares, 1997).

Para compreender a hidrologia à escala da vertente, partiu-se do princípio que a paisagem, no seu conjunto, pode ser dividida em

pequenas unidades onde ocorrem processos hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos semelhantes, que lhes confere uma identidade própria (Park e Van de Giesen, 2004; Park et al., 2001; Martz, 1992; Mitchel, 1991). Por isso, utilizamos um esquema experimental que parte do pressuposto que os processos hidrológicos apresentam comportamentos distintos conforme a escala do sistema (Mendiondo e Tucci, 1997). A recolha de dados realizou-se assim, em diferentes pontos das vertentes com terraços agrícolas, com as mesmas características morfológicas, de drenagem e de ocupação do solo, divergindo apenas no factor litológico.

Área de estudo

O campo experimental de Baião (Figura 1) está instalado na Bacia Hidrográfica da Carriça (5,47 km²), de forma alongada, com cotas que variam dos 840 m aos 50 m junto ao Rio Douro. Esta área apresenta vertentes complexas, escalonadas com várias pequenas rechãs e a rede hidrográfica está fortemente encaixada. Predominam os declives entre os 15° e os 20°. É uma área com granito porfiróide de grão grosseiro de duas micas e em alguns sectores o seu manto de alteração atinge mais de 2 metros de espessura.

O campo experimental da Régua situa-se na bacia hidrográfica da Meia Légua (18,31 km²), de forma irregular mais larga no sector N e com altitudes que variam entre os 48 m e os 640 m. Na parte N possui vertentes convexas com um maior encaixe da rede hidrográfica e a S vertentes côncavas. Os topos das vertentes são aplanados, assim como o fundo de vale. Esta área é ocupada por xistos luzentes (filitos) e alguns depósitos quaternários de fundo de vale.

Na bacia hidrográfica da Carriça predomina a policultura de culturas anuais e a ocupação florestal, enquanto que na bacia hidrográfica da Meia Légua sobressai o monocultivo da vinha. Na bacia hidrográfica da Carriça, cerca de 70% da sua área é ocupada por terraços agrí-

colas com muros de suporte em pedra seca, na qual 55% desta área tem terraços com muro de suporte bem conservados. Na bacia hidrográfica da Meia Légua, 85% da sua área possui terraços agrícolas, contudo, apenas 56% desta tem muros de suporte de pedra seca. Destes, cerca de 58% estão bem conservados, 34% mal conservados e os restantes estão destruídos.

Metodologia

Cada campo experimental é composto por parcelas de monitorização do escoamento superficial abertas e fechadas (20m²) com limnigrafos de balança e data loggers, localizadas em diferentes contextos geomorfológicos das vertentes (topo, meia vertente e base) e de drenagem (convergência e divergência). Possuem uma estação meteorológica e um medidor de níveis de escoamento da bacia hidrográfica localizado na sua secção terminal (Bateira C., 2006).

Os dados foram registados com intervalos de 10 minutos, para analisar com pormenor as relações entre os diferentes tipos de episódios de precipitação, a resposta resultante a nível de escoamento superficial nas vertentes (ter-

raços agrícolas) e a variação do nível de escoamento da bacia hidrográfica.

Em todas as parcelas de monitorização do escoamento superficial caracterizou-se a capacidade de infiltração, a textura dos materiais, a capacidade de infiltração de água no solo, a condutividade hidráulica e a resistência do solo (Bateira C., 2006).

No campo experimental de Baião, as amostras dos materiais constituintes dos terraços agrícolas do campo experimental da Régua situam-se na área dos limos e argilas (lodo arenoso com raros seixos e lodo arenoso) e as do campo experimental de Baião na área das areias (areia lodosa e areia lodosa com raros seixos), segundo Folk (1954).

Apesar de todas as amostras corresponderem a manto de alteração granítico, observa-se um perfil mais regular nas parcelas de monitorização da Quinta de Tormes (Baião) com percentagens de argila mais elevadas à superfície do que em profundidade e com camadas de areia e de seixos bastante regulares ao longo do corte (Figura 2). A maior uniformidade dos valores de textura em profundidade poderá justificar-se pela maior frequência da lavra dos solos.

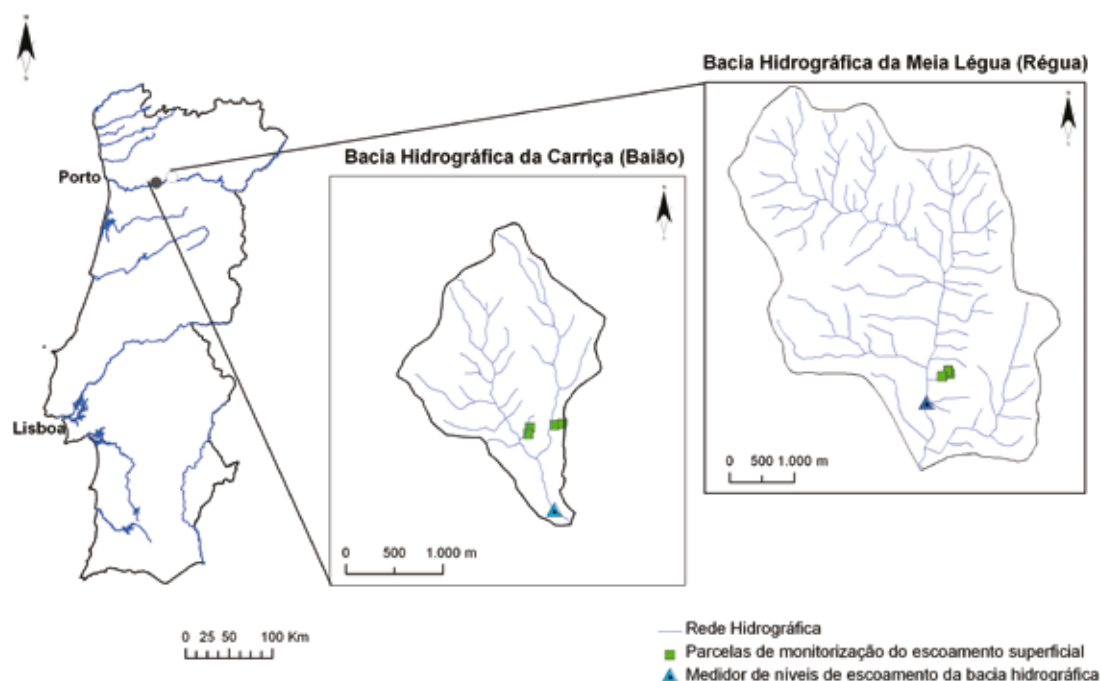


Fig.1 - Localização dos campos experimentais de Baião e da Régua

Genericamente, apesar das alterações introduzidas pelas actividades agrícolas, encontramos valores de argila que variam entre os 25% e os 30%, areia cerca de 60% e seixos a restante percentagem. A fracção arenosa predomina em todos os cortes até à profundidade máxima de recolha (2 m) e a fracção argilosa diminui, em função do aumento da profundidade.

No campo experimental da Régua não foi possível recolher amostras de solo a grande profundidade, em virtude da maior compactação do solo e da sua estrutura mais grosseira. As amostras de solo, do campo experimental da Régua, correspondem principalmente a lodo arenoso com raros seixos e, por vezes, encontram-se algumas na fracção correspondente a lodo arenoso.

Em todas as amostras, a percentagem de argilas e limos é superior a 70%, a percentagem de seixos ronda os 10% do total da amostra que, de uma forma geral, diminuem em função do aumento da profundidade.

A resistência do solo (Figura 3), registada com o penetrómetro de mão até um metro de profundidade (limite máximo de perfuração do equipamento), indicou que nos metassedimentos (Régua) foi mais difícil obter registos a profundidades superiores a 40 cm. Em Baião, obtiveram-se registos até 1 metro de profundidade em locais com maior espessura do manto de alteração granítico (Figura 4) e verifica-se

simultaneamente uma grande variação lateral da resistência das formações superficiais, típica de áreas de manto de alteração granítico.

O perfil de resistência apresenta condições mais favoráveis à infiltração e circulação da água no perfil do solo em Baião do que na Régua. Neste último caso, o solo tem uma espessura pelicular que facilita o escoamento superficial. A resistência máxima do solo atinge valores mais elevados a menores profundidades e o solo é mais compacto do que em Baião.

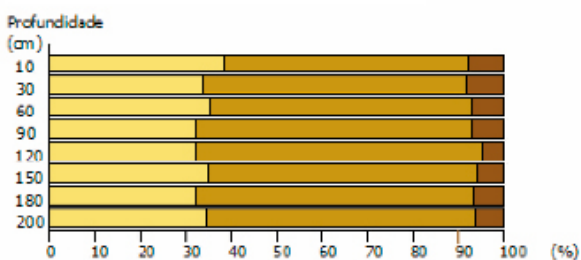
As parcelas de monitorização em Baião possuem os valores mais elevados de infiltração de água no solo e uma maior duração do tempo de infiltração registado nas medições efectuadas com um infiltrómetro de duplo anel.

A condutividade hidráulica medida nas camadas superficiais do solo (até 45 cm) com um permeâmetro de Guelph permitiu a determinação da matriz do fluxo potencial, do parâmetro alfa e da saturação da condutividade hidráulica.

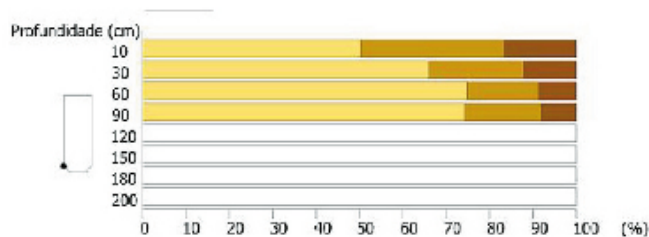
Por vezes, ocorrem resultados negativos na matriz do fluxo potencial relacionados com o facto do solo apresentar descontinuidades hidrológicas na sua estrutura que alteram a circulação da água no solo.

As parcelas de Baião apresentam uma saturação da condutividade hidráulica média mais elevada do que na Régua, o que corresponde a uma maior capacidade do solo conduzir água

Parcela TB – Ponto 1



Parcela RA – ponto 1



Limo + Argila (<= 0,0525mm)
 Areia [0,125-2mm]
 Seixos (>2mm)

Fig.2 - Textura do solo nas parcelas de monitorização do escoamento nos campos experimentais de Baião (TB) e da Régua (RA)

no seu interior. O mesmo comportamento repete-se nos valores médios da matriz de fluxo potencial, o que significa que em Baião há uma maior capacidade de absorção de água no solo, por efeito de capilaridade.

O parâmetro alfa apresenta valores médios mais variáveis em Baião, com valores mais extremos, o que significa que a velocidade de circulação de água no solo é mais variável em função da localização das parcelas de monitorização nas vertentes.

A recolha dos dados de precipitação, escoamento superficial nas vertentes e dos níveis de escoamento nas bacias hidrográficas realizou-se de Outubro de 2005 a Dezembro de 2006. O ano hídrico de 2005 foi extremamente seco, pelo que o início da leitura dos dados ocorreu após uma estação seca prolongada com uma duração de 4 meses (Junho a Setembro de 2005) sem qualquer registo de precipitação.

Durante o período em estudo, identificaram-se as características da precipitação delimitando-se cada episódio chuvoso como um período de precipitação significativa consecutiva, separada por um período seco mínimo de 2 horas. Identificaram-se diferentes tipologias de episódios de precipitação e o escoamento resultante nas vertentes e na bacia hidrográfica.

A análise do escoamento superficial nas vertentes baseou-se na comparação do seu

comportamento na área granítica e metassedimentar com as seguintes variáveis: intensidade do escoamento por campo experimental (ml/h); tempo de concentração do início do escoamento (min); precipitação mínima para se desenvolver escoamento (mm); duração do escoamento superficial nas vertentes (h).

A variação do nível de escoamento das bacias hidrográficas foi analisada tendo em conta a litologia das bacias hidrográficas e as seguintes variáveis: variação do nível de escoamento da bacia hidrográfica (m); tempo de concentração do início da resposta da bacia hidrográfica (min); precipitação mínima para se desenvolver resposta na bacia hidrográfica (mm); duração da resposta da bacia hidrográfica ao episódio de precipitação (h).

Todas estas variáveis foram analisadas de acordo com a tipologia dos episódios de precipitação, definida a partir da respectiva duração e intensidade.

RESULTADOS

No campo experimental da Régua registou-se menos precipitação e escoamento superficial nos terraços agrícolas do que no Campo experimental de Baião. Aqui, sempre que há

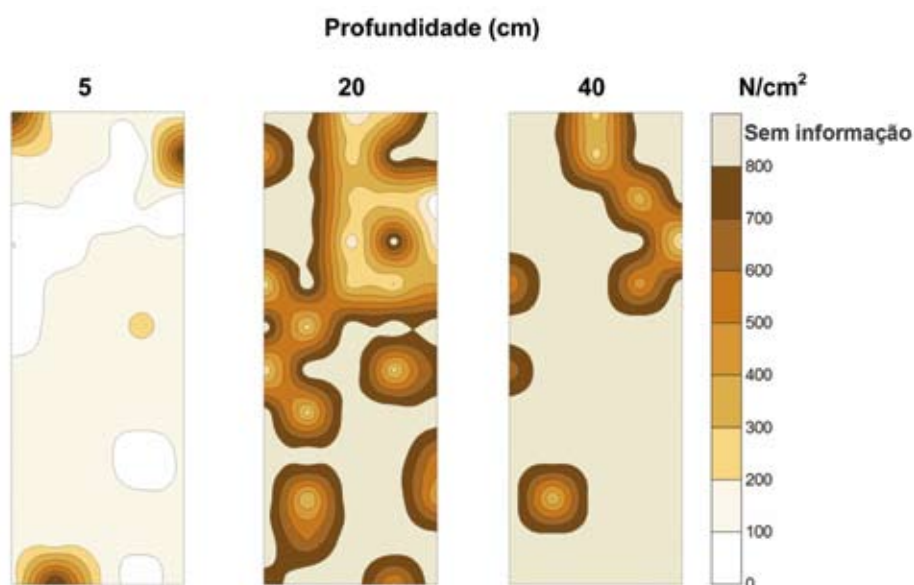


Fig.3 - Resistência do solo à penetração 5, 20 e 40 cm (Parcela RA - Régua)

precipitação, desenvolve-se escoamento superficial nos terraços agrícolas, enquanto que na Régua, com os mesmos totais de precipitação, a resposta é muito mais baixa. Ao contrário, na base dos muros registaram-se valores superiores.

Estudaram-se 62 episódios de precipitação em Baião e 30 na Régua e a generalidade possui fracas intensidades (<6 mm/h), em ambos os campos experimentais. Classificaram-se os episódios de precipitação em função da sua duração e intensidade (Pereira et al, 2006).

No campo experimental de Baião, 61,3% dos episódios de precipitação são de longa duração e muito fraca intensidade (tipo 1), 32,3% de curta duração e muito fraca intensidade (tipo 2) e apenas 6,5% de curta duração e fraca intensidade (tipo 3). No campo experimental da Régua, para o mesmo período em estudo existem menos episódios em análise e verifica-se que predominam os episódios do tipo 1 (60%), seguidos pelos episódios do tipo 2 (26,7%) e episódios do tipo 3 (13,3%; Figura 5).

Escoamento superficial nos terraços agrícolas

Nos episódios de precipitação de curta duração e muito fraca intensidade (tipo 2), am-

bos os campos experimentais desenvolvem escoamento superficial de fraca intensidade (< 4000 ml/h), exceptuando-se as situações de episódios de precipitação ocorridos no início da estação húmida (intensidade de escoamento > 8000 ml/h). As primeiras precipitações encontraram um solo seco e compactado com menor capacidade de infiltração, promovendo o escoamento superficial. À medida que aumenta a capacidade de infiltração de água no solo, as intensidades de escoamento superficial reduziram-se.

Nos episódios de longa duração e muito fraca intensidade (tipo 1), a intensidade do escoamento é fraca nos dois campos experimentais (< 5000 ml/h), reflectindo um lento processo de infiltração ao longo de várias horas. Quando os episódios de precipitação são de curta duração e fraca intensidade (tipo 3), a média da intensidade do escoamento em Baião é 8 vezes superior do que na Régua.

O tempo necessário à ocorrência de escoamento superficial e a precipitação mínima necessária à ocorrência de escoamento superficial têm uma maior dependência em relação às precipitações antecedentes e às condições de humidade nos solos do que do tipo de episódio de precipitação. Se o solo estiver perto da saturação é necessário menos tempo para o

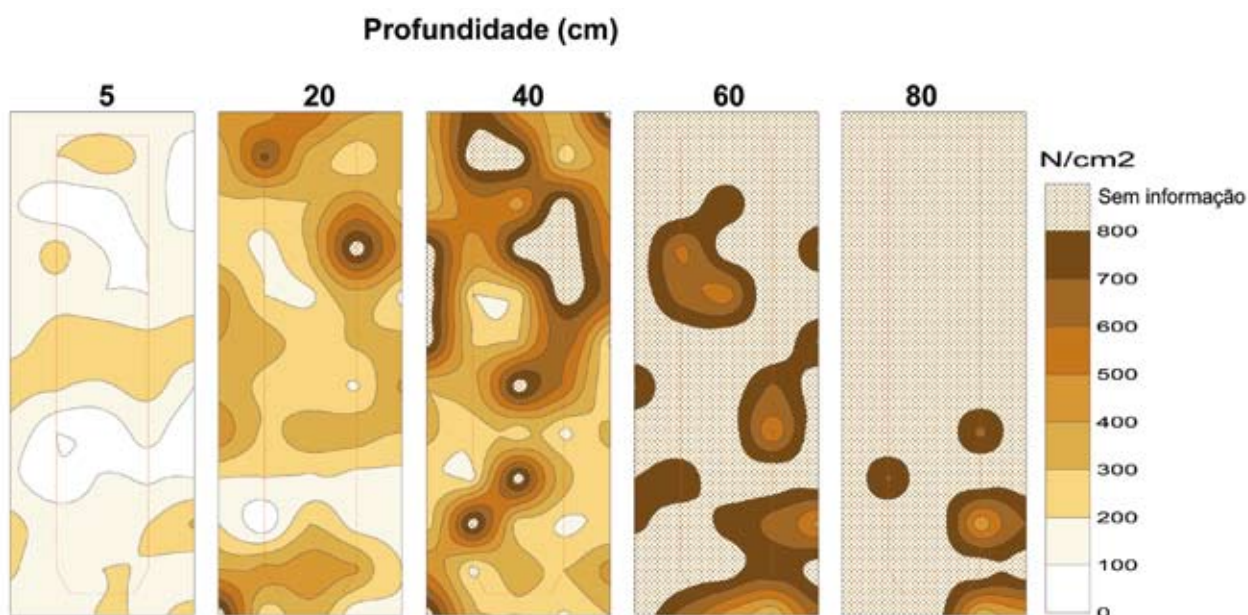


Fig.4 - Resistência do solo à penetração aos 5, 20, 40, 60 e 80 cm (Parcela TB - Baião)

desenvolvimento de escoamento superficial.

Na área de granitos é necessária, em média, menos precipitação inicial do que nos metassedimentos para se desenvolver escoamento superficial, o que tendo em conta a elevada capacidade de infiltração de água no solo, indica o funcionamento de vários processos hidrológicos em simultâneo (escoamento superficial, infiltração, fluxo interno saturado, fluxo interno translativo).

Em média, a partir dos 2,6 mm de precipitação, ocorre escoamento superficial nos terraços agrícolas da área granítica. Nos metassedimentos é necessária, em média, mais precipitação inicial (5 mm) para o início do desenvolvimento de escoamento superficial e, por vezes, este não é registado em episódios de muito fraca intensidade da precipitação.

Na área de metassedimentos, o escoamento superficial tem uma duração média menor do que na área granítica, mesmo em episódios de tipologia e características muito próximas.

Níveis de Escoamento nas bacias hidrográficas

Os níveis de escoamento das bacias hidrográficas variam de forma diferente, consoante a tipologia do episódio de precipitação. Na área de metassedimentos há uma maior variação do

nível de escoamento do que nos granitos, principalmente nos episódios de tipo 1 e 2. Na área granítica só se regista um maior acréscimo do nível de escoamento da bacia hidrográfica quando ocorrem episódios de curta duração e intensidade superior a 4 mm/h.

O tempo de concentração da bacia hidrográfica com metassedimentos é muito menor do que na área de granitos, variando entre 10 minutos a 3,5h. Na área de granitos a resposta da bacia hidrográfica, reflecte o funcionamento do fluxo interno lento, que mantém o nível de escoamento elevado mesmo após o fim da precipitação. O tempo de concentração na bacia hidrográfica da Carriça varia entre 30 minutos e 6 horas.

Na área dos metassedimentos há uma resposta ao episódio de precipitação com uma precipitação mínima mais reduzida do que na área de granitos.

Enquanto que na área granítica (Baião) o nível de escoamento na bacia se mantém elevado, mesmo após a precipitação e em períodos secos prolongados, nos metassedimentos, (Régua) o nível de escoamento na bacia hidrográfica desce rapidamente para níveis semelhantes aos registados antes do episódio chuvoso.

Esta análise comprova o predomínio de diferentes processos de escoamento nas bacias

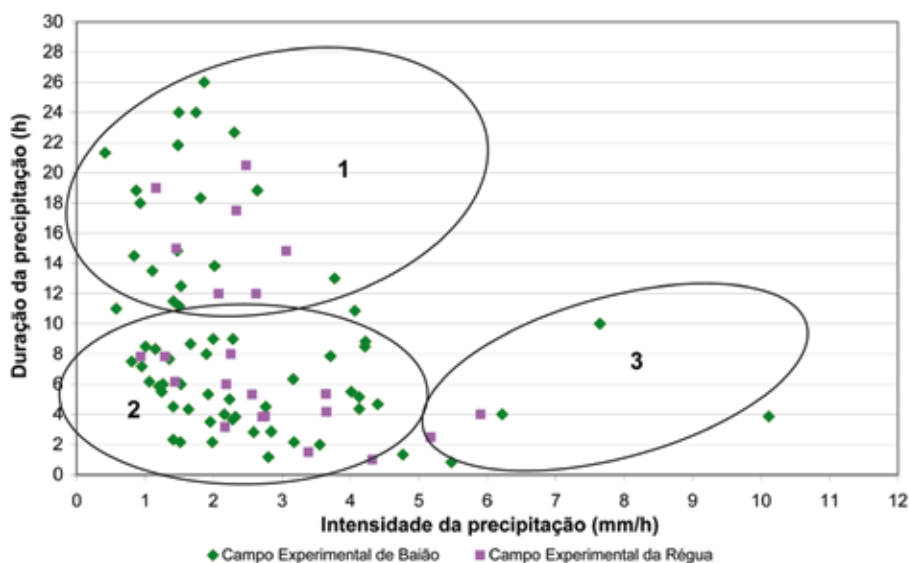


Fig.5 - Tipologia de episódios de precipitação. 1 - longa duração e muito fraca intensidade; 2 - curta duração e muito fraca intensidade; 3 - curta duração e fraca intensidade.

hidrográficas de litologia distinta. Na Régua, a concentração da drenagem no conjunto da bacia hidrográfica é mais rápida, o que demonstra a existência de caminhos preferenciais e do fluxo interno rápido na condução da água, justificada ainda pela fraca capacidade de infiltração nos solos e a reduzida condutividade hidráulica.

A bacia hidrográfica da Carriça tem reações diferentes consoante a sequência dos episódios chuvosos anteriores, a intensidade de precipitação e o processo hidrológico dominante. Para os mesmos totais de precipitação podem observar-se diversas durações do escoamento na bacia hidrográfica. Isso deve-se à importância dos diferentes processos hidrológicos desencadeados consoante as características do episódio chuvoso.

A resposta da bacia hidrográfica da Carriça (granitos) está menos dependente da intensidade de precipitação, reagindo mais às precipitações persistentes. A análise do comportamento desta bacia hidrográfica sugere uma permanência da alimentação do escoamento, por fluxo interno lento. Desta forma, compreende-se o ligeiro decréscimo dos níveis de escoamento, mesmo durante períodos secos prolongados.

Verificou-se que na Régua (xistos), a duração média da reacção da bacia hidrográfica ao episódio de precipitação é maior do que em Baião (granitos).

Em Baião, o total de precipitação mínima necessária para desenvolver o acréscimo do nível de escoamento da bacia hidrográfica é, em média, superior ao da Régua. A bacia hidrográfica da Meia Légua (Régua) necessita de menos tempo e menos precipitação para reagir ao episódio chuvoso. Da mesma forma, é maior o período em que se observa o escoamento resultante do episódio de precipitação.

Neste contexto, a análise das sequências chuvosas é essencial para a interpretação da capacidade de retenção da água nas formações superficiais. As formações superficiais que apresentam textura argilosa (Régua) não retêm grande quantidade de água potenciando escoamentos superficiais rápidos e abundantes, em resultado da fraca capacidade de infiltração.

Ao contrário, em mantos de alteração granítica, de textura arenosa, o fluxo hídrico lento é importante e determina o essencial das forças tangenciais ao nível dos terraços agrícolas. Neste caso, a análise das sequências chuvosas é determinante para o entendimento das situações de instabilidade dos muros de pedra em seco.

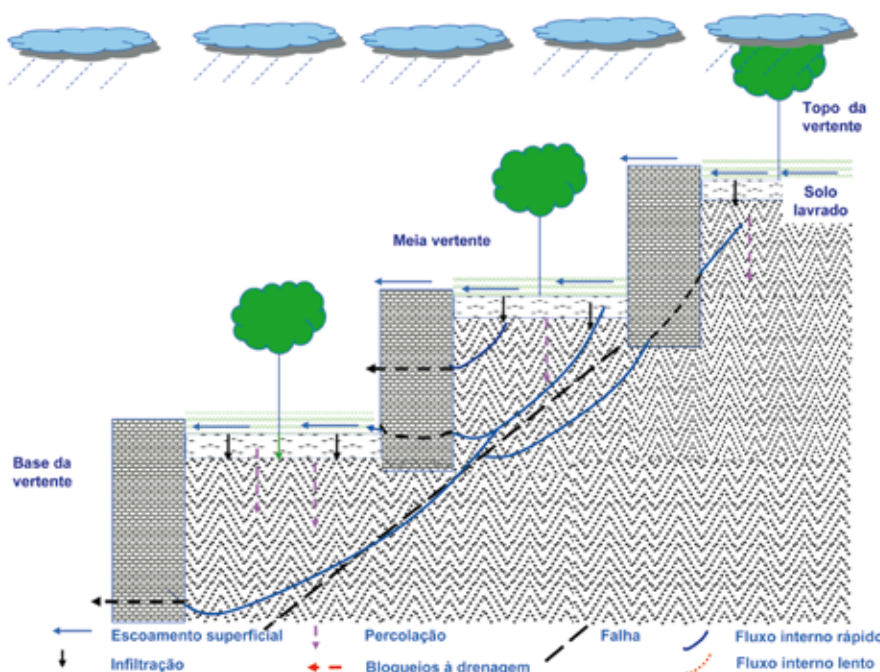


Fig.6 - Modelo de funcionamento hidrológico em terraços agrícolas com substrato metassedimentar

DISCUSSÃO

Quanto maior for a intensidade e a quantidade de precipitação do episódio, maior é a intensidade do escoamento. Perante episódios de fraca intensidade, com as mesmas características e sequências de precipitações anteriores, a área de granito desenvolveu mais escoamento superficial do que nos metassedimentos. Esta situação é contraditória, porque as formações superficiais de Baião têm uma maior capacidade de infiltração e circulação da água do que na Régua, conforme as medições efectuadas com o infiltrómetro e permeâmetro.

As formações superficiais dos metassedimentos têm uma textura limo argilosa, apresentando uma reduzida capacidade de infiltração, que aumenta em função da regularidade da lavra. Por esse motivo, compreendem-se os elevados valores de infiltração nas parcelas de monitorização na área de metassedimentos.

A partir do momento em que estas formações superficiais formam uma camada impermeável, o escoamento superficial poderá ter uma maior importância, comparativamente com os granitóides.

Contudo, deve-se continuar com a recolha de dados no sentido de analisar o escoamento superficial desenvolvido em episódios de precipitação com maiores intensidades e um maior número de episódios, principalmente no campo experimental da Régua para reforçar as conclusões.

Apesar do reduzido número de episódios de precipitação em estudo nos metassedimentos, constatou-se que o escoamento superficial tem maior importância junto à base dos muros a partir da meia vertente. Nesta situação, deduz-se que se está perante um caso de condução do escoamento superficial para caminhos preferenciais de drenagem no interior das formações superficiais, que conduzem a água rapidamente para locais a jusante da vertente. Se assim for, esta situação justifica a menor

duração média do escoamento superficial nos metassedimentos, em episódios de tipologia e características muito próximas das registadas nos granitóides. Assim, os metassedimentos não têm uma grande capacidade de retenção de água ao longo do tempo e os processos hidrológicos não dependem tanto das precipitações acumuladas (Figura 6).

Nos granitóides, quanto maiores forem as precipitações acumuladas antes do episódio de precipitação, maior será a resposta do escoamento superficial, comparativamente com os metassedimentos, devido à interacção de vários processos hidrológicos em simultâneo (fluxo interno saturado, fluxo translativo, escoamento superficial).

Mas como se podem explicar os elevados valores de infiltração e escoamento superficial que ocorrem nos granitóides? Os mantos de alteração graníticos têm boas condições de infiltração e de circulação da água no solo, que vai aumentar a pressão sobre o fluxo interno nas áreas a montante de rupturas de declive, determinando o afluxo da água à superfície (fluxo interno translativo). Este afluxo de “águas velhas” (Mendiondo e Tucci, 1997) à superfície é observável nas parcelas de monitorização próximas da base da vertente (Figura 7).

CONCLUSÕES

O funcionamento hidrológico dos terraços agrícolas em granitóides com espessos mantos de alteração sugere o desenvolvimento de vários processos de escoamento (superficial, interno lento e interno rápido), resultante da boa capacidade de infiltração e de circulação de água no interior dos materiais.

A nível de estabilidade de vertentes devem-se ter em atenção situações de obstruções da drenagem interna dos materiais (caixas de falha argilizadas, filões, muros e canalizações deficientes, caminhos que desviam a drenagem e terraços construídos), porque possuem con-

dições para concentrar a drenagem e aumentar a pressão interna dos materiais. Por isso, os limiares críticos de precipitações acumuladas, para o desenvolvimento de movimentos de vertente, serão maiores do que nos metassedimentos.

Desta forma, os granitóides com espessos mantos de alteração possuem melhores condições para o desenvolvimento de movimentos de vertente profundos (movimentos complexos e deslizamentos) ou fluxos de detritos em situações de obstrução de drenagem, principalmente nas áreas de convergência de drenagem a meia vertente, onde há mais infiltração e logo maior pressão de água no solo.

Os terraços agrícolas em áreas de metassedimentos, com uma espessura pelicular e textura mais argilosa, têm uma fraca capacidade de armazenamento de água no solo, pelo que tendem a desenvolver com mais frequência escoamento superficial e escoamento interno rápido, ao longo de caminhos preferenciais. No caso do escoamento interno rápido ser obstruído, originam-se sobretudo movimentos de vertentes superficiais (fluxos de lama e fluxos de detritos).

Na área de metassedimentos (Bacia Hidrográfica da Meia Léguas) registaram-se cerca de

400 situações de instabilidade em terraços agrícolas com muro de suporte (principalmente desabamentos). Na área de granitóides o número de ocorrências é muito menor, encontrando-se pequenos desabamentos, deslizamentos, cicatrizes e depósitos de antigos fluxos (Bateira C., 2006).

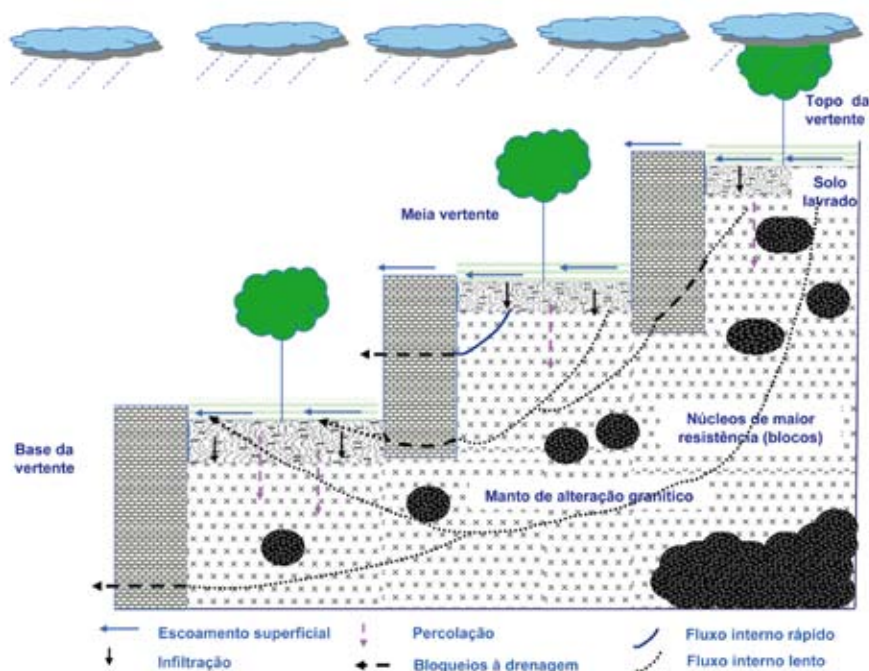


Fig.7 - Modelo de funcionamento hidrológico em terraços agrícolas com substrato granítico

BIBLIOGRAFIA

- BATEIRA, C. (coord) (2006) - *Recuperação de Paisagens de Terraços e Prevenção de Riscos Naturais no Vale do Douro*, Projecto TERRISC, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- BATEIRA, C.; SEIXAS, A.; PEREIRA, S. (2004) - *Notícias de catástrofes do Douro: uma leitura geográfica na dinâmica do meio físico*. Actas do 2.º Encontro Internacional da História da Vinha e do Vinho no Vale do Douro. Douro, Estudos e Documentos, GEHVID, Porto, 1 (17).
- BATEIRA, C.; SOARES, L. (1997) - *Movimentos em massa no Norte de Portugal: factores da sua ocorrência*. Territorium, Coimbra, 4: 63-77.
- FOLK, R. L. (1954) - *The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature*. Journal of Geology, 62 (4): 344-359.
- MALET, J. P.; VAN ASCH, T.; VAN BEEK, R.; MAQUAIRE, O. (2005) - *Forecasting the behaviour of complex landslides with a spatially distributed hydrological model*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 5: 71-85.
- MARTZ, L. W. (1992) - *The variation of soil erodibility with slope position in a cultivated Canadian prairie landscape*. Earth Surface Processes and Landforms, Chichester, Wiley, 17 (6): 543-556.
- MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M. (1997) - *Escalas Hidrológicas II. Diversidade de Processos na Bacia Vertente*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, 2 (1): 59-112.
- MITCHEL, C. (1991) - *Terrain Evaluation*. Longman Scientific & Technical, New York.
- PARK, S. J.; MCSWEENEY, K.; LOWERY, B. (2001) - *Identification of the spatial distribution of soils using a process-based terrain characterization*. Geoderma, 103: 209-272.
- PARK, S. J.; VAN DE GIESEN, N (2004) - *Soil landscape delineation to define spatial sampling domains for hillslope hydrology*. Journal of Hydrology, 295: 28-46.
- PEREIRA, S.; BATEIRA, C.; HERMENEGILDO, C.; SEIXAS, A. (2006) - *Análise comparativa do escoamento em terraços de áreas granitoides e metassedimentares*. Jornadas sobre Terraços e Prevenção de Riscos Naturais, Parque de Tecnologias Ambientais de Maiorca, Palma de Maiorca (no prelo).
- VAN ASCH, T.; BUMA, J.; VAN BEEK, L. P. H. (1999) - *A view on some hydrological triggering systems in landslides*. Geomorphology, 30: 25-32.