



Land Care
In Desertification
Affected Areas
From Science
Towards Application

Erosão do Solo

Anton Imeson
Michiel Curfs

RESUMO

É muito fácil e simples prevenir a erosão do solo e, no entanto, pelo menos 75% dos solos aráveis do Mundo foram degradados ou estão afectados por ela. Na região Norte Mediterrânea, esta percentagem é ainda maior. Porque a terra foi degradada pela erosão no passado, não significa necessariamente, que esteja sob ameaça da erosão actualmente. A maior quantidade de erosão que está a ocorrer hoje é em terras agrícolas e florestadas. Quando ocorre erosão, esta pode igualmente causar inundações em planícies aluviais, e assim danos fora do local, onde tem lugar. Ocorrem diferentes tipos de erosão na região Mediterrânea e estas incluem erosão de *splash* e erosão laminar, sulcos, ravinas, *piping* (túneis) e erosão fluvial, erosão eólica, bem como erosão causada por animais e actividades de uso do solo. Os problemas são potencialmente maiores, que em regiões mais húmidas por causa das condições específicas do solo e clima. Os factores que influenciam a erosão são a energia e quantidade de chuva, a capacidade do solo resistir à erosão, a quantidade de solo coberto e protegido por vegetação, as características da vertente e práticas de gestão dos solos. Na prática, o estudo da erosão é um grande desafio, porque as condições que a influenciam são dinâmicas e sempre em mudança. É tão complicada de medir, como de modelar. Devemos estar seriamente preocupados quanto à erosão no Mediterrâneo? Quais são as consequências para a sociedade e quais são as previsões para a erosão em relação às mudanças climáticas? A erosão é relativamente fácil de controlar ou prevenir?

Os princípios de conservação e protecção do solo são compreendidos provavelmente há milénios, assim quando ocorrem problemas de erosão no Mediterrâneo é uma simples questão de tomar acções apropriadas para a minimizar. De facto a erosão seria menos uma questão, se as leis fossem decretados para criar as instituições necessárias para a gerir e controlar os recursos, tal como por exemplo criando um serviço de conservação do solo, terra e água.

Conteúdos

Erosão do solo e investigação através do tempo	2
Erosão no Mediterrâneo.....	3
<i>Tipos de erosão</i>	3
<i>Ocorrência</i>	4
<i>Taxas e áreas de erosão</i>	6
<i>Mudanças climáticas, gestão da terra e erosão</i>	8
<i>Pastoreio e erosão</i>	9
Conservação do solo, terra e água	10
<i>Gestão adaptativa e Conservação do solo, terra e água</i>	10
<i>Como avaliar a erosão do solo e as necessidades de conservação a uma escala pormenorizada</i>	11
<i>Conservação do solo através da gestão da estrutura do solo e humidade do solo</i>	11
<i>Conclusões</i>	12
Recursos	13

Erosão do solo e investigação através do tempo

Este fascículo é sobre os processos de erosão e desertificação no Mediterrâneo. Muitos dos projectos de investigação Europeusⁱ estudaram a erosão “histórica” e o seu impacto na desertificação passada. A erosão do solo é episódica. Durante muitos milhares de anos, períodos de erosão do solo alternaram com períodos de formação do solo. Os períodos de erosão do solo ocorreram por várias razões. Por exemplo; quando ocorreram fenómenos climáticos extremos, ou erupções vulcânicas, sismos, ou quando as vertentes foram tornadas instáveis pelo levantamento geológico ou mudanças do nível do mar. Os factores mais importantes, que explicam a erosão do solo histórica, são contudo, o uso do solo e práticas de gestão da terra.

A maior parte das vezes as mudanças nos sistemas de erosão conduzidas pela actividade humana são subtis, difíceis de quantificar e têm impactos que podem revelar-se apenas após vários séculos. Os cientistas na Europa têm estudado os processos de erosão do solo de várias e distintas formas. Existe investigação tanto à escala microscópica, como da paisagem. Os cientistas ligados às ciências agrárias concentraram-se na perda de solo dos campos agrícolas e em como preveni-la usando métodos de conservação do solo. Os cientistas relacionados com as ciências naturais têm interesse em compreender a natureza dos fenómenos de erosão em si e em relacioná-la com a mudança da paisagem. Os geo-ecologistas têm olhado para as relações e reacções entre a vegetação e os processos hidrológicos e, como estes mudam no tempo. A investigação tem realçado paradoxalmente, tanto a complexidade dos processos, como a simplicidade dos métodos de conservação do solo, que podem ser utilizados para a controlar.

O conhecimento existente acerca de processos de erosão é um recurso enorme, que caso existissem instituições apropriadas, poderia ser utilizado para gerir a erosão. Existem vários indicadores de estabilidade do solo que podem ser usados como indicadores de risco de erosão *in situ*. Podem ser realizados por qualquer pessoa sem requererem conhecimento especializado ou equipamento. Novos desenvolvimentos na detecção remota significam que num futuro próximo a ocorrência de erosão, controlada por radar de alta resolução, possa ser exequível. O *Google Earth* já pode ser utilizado para

descobrir a fonte e o proprietário responsável, se aparece água lamacenta e contaminada na sua sala ou cave.

O solo que se vê hoje, quando estudado microscopicamente, raramente se encontra no lugar em que foi originalmente formado. O solo está continuamente a ser movido nas vertentes de pontos de acumulação ou de recolha, para outros. A maior parte do solo erodido viaja apenas distâncias curtas de um ponto de descanso temporário, para outro. No entanto, este movimento pode ter consequências significativas para a poluição e gestão da terra.

A erosão passada é uma das principais causas de desertificação que se pode ver hoje. O solo então erodido já não existe actualmente e o risco de nova erosão nesse mesmo lugar é geralmente menor. Áreas que foram desertificadas pela erosão no passado, têm um diferente tipo de risco de erosão, que as áreas que foram então poupadas à erosão. No primeiro caso os sedimentos que foram depositados ao longo do fundo dos vales há centenas ou milhares de anos atrás, estão em risco. No segundo, é o solo que está a experimentar agora uma mudança de uso. A qualquer momento os processos de erosão afectam apenas alguns por cento da área onde os impactos estão correntemente a ter um efeito.

Quando o solo é perdido de uma área mais depressa do que está a ser formado, então a terra pode perder a sua capacidade de produzir culturas. Isto aconteceu em grandes áreas do Mediterrâneo há muito tempo, de tal forma que agora o solo é muito delgado ou rochosoⁱⁱ. A implicação deste facto é que as medidas para abordar a questão da erosão precisam de ser dirigidas aos poucos por cento da terra, que está agora afectada.

Erosão no Mediterrâneo

Quase em todo lado os processos geológicos “naturais” de meteorização e erosão têm sido alterados pelas actividades humanas. Estas mudanças podem aumentar ou diminuir diferentes tipos de impactos da erosão de acordo com as circunstâncias. Os efeitos nos processos de erosão podem revelar-se de várias formas. Por vezes os efeitos visíveis são realmente pequenos e por vezes muito grandes.

Tipos de erosão

Podem fazer-se distinções acerca da origem dos processos de erosão, **erosão Eólica** e **Hídrica**. Existe também a erosão que é induzida por animais ou actividades de uso do solo, que podem ser geralmente descritas como formas de erosão acelerada.

A **Erosão eólica** está relacionada com a força do vento, que exerce uma pressão no solo e afecta as partículas de uma dimensão específica (*silte* grosseira e areia). Quando estas não estão agregadas por matéria orgânica, raízes ou argila, podem ser facilmente erodidas.

Existem vários processos distintos de **erosão hídrica** dos quais os mais comuns são descritos na caixa de texto.

Tipos de erosão hídrica

Erosão de *Splash* é o destacamento e movimento pelo ar de pequenas partículas de solo causado pelo impacto das gotas de chuva nos solos.

Erosão laminar é a remoção de uma fina camada de solo relativamente uniforme pela chuva e escorrência superficial largamente não canalizada. (Figura 1)

Erosão em sulcos é um processo de erosão em campos inclinados onde numerosos canais aleatórios ocorrem com apenas alguns centímetros de profundidade; ocorre sobretudo em solos recentemente cultivados. (Figura 2)

Erosão em barrancos é o processo de erosão pelo qual a água se acumula e corta, entalha canais estreitos, por curtos períodos de tempo, que removem o solo desta área até profundidades consideráveis. Um barranco tem tipicamente de 0.5m até 25 a 30m de profundidade (Figura 3) e ocorre em situações e tipos de rocha específicos. Podem formar-

se rapidamente pelo recuo das cabeceiras. Os barrancos atraem frequentemente água de drenagem do solo envolvente o que os torna instáveis.

Erosão em túnel ocorre em solos que são propensos a *piping* (estruturas subterrâneas com uma rede de túneis, como *canos*). Estes são frequentemente solos, que contêm camadas ricas em argila que expande e contrai quando humedecida, ou camadas com materiais que se dispersam espontaneamente na água durante chuvadas.



Figura 1 Erosão laminar num campo de trigo em Portugal, perto de Mértola. Notar a cor barrenta da água, o que indica que as partículas de argila de dispersaram.



Figura 2 Erosão por sulcos como consequência da agricultura. A escorrência e erosão ocorrem por causa da compactação e enfraquecimento do solo em profundidade. Isto ocorre em vertentes suaves, indicando que até vertentes com poucos graus estão também em risco de este tipo de erosão.



Figura 3. Erosão por sulcos criando uma organização, dendrítica do escoamento.

Para a criação de ravinas e barrancos tem que ser ultrapassado um limiar que está relacionado com a força exercida pela água em fluxo e a resistência do solo à erosão. Ravinas e barrancos são frequentemente encontrados em tipos de material característicos. Ocorrem frequentemente em campos agrícolas onde há **compactação do solo em profundidade** e o superficial tem pouca coerência. Também ocorrem ao longo de aterros e escavações de estradas e em **badlands**. As formas que se encontram ao longo de canais dos rios são geralmente desencadeadas, pelo encaixe destes.

Badlands são áreas onde os processos de erosão dominam a superfície. Todos os processos de erosão – *splash*, laminar, sulcos, barrancos e erosão em túnel – bem como deslizamentos de terra são muito frequentes. Os deslizamentos podem ocorrer, porque a vegetação tem por vezes dificuldade em estabelecer-se, nos solos e rochas

Existem vários tipos de formas resultantes da erosão no Mediterrâneo, distinguidos de acordo com os tipos de processos e materiais que são responsáveis. Os barrancos aumentam de dimensão, sobretudo pelo recuo das cabeceiras e têm frequentemente padrões dendríticos, que reflectem a maneira como se processa a drenagem de água neles.

Os cientistas que estudam a erosão do solo consideram que a erosão hídrica é uma consequência dos seguintes factores:

a) A energia da chuva (que aumenta com a intensidade da chuva);

b) A resistência do solo (que é influenciada pela matéria orgânica, química do solo, e tamanho das partículas do solo);

c) O declive e comprimento da vertente;

d) A vegetação e grau de cobertura do solo;

e) As práticas de gestão.

Avaliar como estes factores influenciam a erosão tem sido a abordagem dos modelos que os investigadores desenvolveram, para prever este fenómeno. Estes mostram, que de longe o factor quantitativamente mais importante é o coberto vegetal e os fragmentos rochosos do solo e superfície. Na maior parte dos casos o coberto vegetal pode ser gerido para que exista uma probabilidade mínima de erosão.

Ocorrência

A erosão do solo é muito comum nas partes mais secas do Mediterrâneo e é fácil de observar, porque durante longos períodos do ano existe frequentemente pouca vegetação. Existem muitas formas diferenciadas de erosão e estas incluem a erosão que ocorre quando rios ou estradas expõem rochas brandas que são muito sensíveis à erosão e, que quando molhadas a escorrência corta canais rapidamente (sulcos, barrancos e *pipes*) formando-se por vezes **badlands** (figura 4). A erosão e meteorização de tais rochas são parcialmente uma consequência dos sais solúveis e minerais que contêm.



Figura 4. Formação de fácil erosão exposta próximo de uma estrada. Uma pequena **badland**.

Também existe a erosão que ocorre quando o uso do solo é mudado e a floresta ou vegetação natural são convertidas em campos agrícolas ou pomares. Quando tal acontece os sedimentos ou solos são expostos, porque a camada superficial protectora rica em matéria orgânica é removida. Não só alguns destes solos se dispersam mais ou menos espontaneamente na água, como têm sido igualmente compactados com *buldozers* perdendo assim a sua capacidade para captar e armazenar água, ficando assim a terra mais seca. (Figura 5). Pode ocorrer erosão laminar, por sulcos ou barrancos. Durante as trovoadas de Verão prolongadas, pode observar-se a água a acumular-se em charcos nos campos em que o solo está a nu. A energia das gotas da chuva compacta o solo e desenvolve-se uma **crosta**. Esta diminui a capacidade de infiltração da água no solo o que origina a formação de charcos, que ocupam pequenas depressões superficiais. Quando estes estão cheios, a água drena então dos campos para os rios que transportam assim, uma água lamacenta. (Figuras 6 e 7).



Figura 5. Conversões da terra com maquinaria pesada, causando compactação e expondo o solo à erosão. Preparação para a plantação de laranjas em Espanha.



Figura 6. Evolução da escorrência superficial nas vertentes. Água carregada de sedimentos.



Figura 7. Um rio carregado de sedimentos.

Podem existir canais muito ou pouco profundos (sulcos ou barrancos) e lugares onde o solo se depositou por água infiltrada. Estas mudanças na superfície do solo causadas pela energia cinética das gotas da chuva significam que a próxima chuvada precisa de muito menos energia para causar erosão. Existe, assim, uma reacção negativa de forma em que após cada chuvada, é necessária menos chuva (energia), para causar erosão. Por outro lado, onde a água e solo se acumulam, há uma reacção positiva, que pode promover um melhoramento das condições do solo. A erosão, portanto, cria um padrão

heterogéneo de áreas que são ou fontes ou que recolhem sedimentos. (Figura 8)



Figura 8. Padrão heterogéneo de áreas que são ou fontes ou que recolhem sedimentos (Fonte Thongway, D.L e Hindley, N.L 2004) .

A erosão manifesta-se nos campos agrícolas e pomares, onde as práticas de gestão da terra falham na retenção da água da chuva no local em que cai. Tal facto conduz à formação das crostas já mencionadas anteriormente. A erosão nos campos agrícolas é também causada pelas lavouras, que resultam num movimentos gradual de *creep* (movimento partícula a partícula que se traduz num movimento de conjunto, reptação) vertente abaixo; o solo torna-se progressivamente mais delgado. Nos pastos semi-naturais a erosão manifesta-se, quando há encabeçamento excessivo ou sobrepastoreio. Após fogos florestais a erosão também se pode manifestar, particularmente, se os fogos se repetem; a vegetação pós-fogo é utilizada para alimentar o gado ou o solo é perturbado, durante a extracção de árvores ou pelos trabalhos de construção e manutenção. Em solos arenosos em áreas planas a erosão eólica ocorre e ao longo dos rios as suas margens são erodidas, quando os rios têm caudais de cheia. Durante muitos séculos, a erosão pode ocorrer como resultado de muitas causas diferentes. A erosão, ao deslocar o solo de um lugar para outro, torna alguns lugares menos vulneráveis, que outros.

As variadíssimas manifestações da erosão requerem todas, diferentes estratégias e medidas para serem analisadas e mitigadas.

Taxas e áreas de erosão

As taxas naturais de erosão do solo são geralmente muito lentas (alguns mm ou cm em cem anos). Muitos dos processos que são responsáveis pela erosão são raramente observados, porque mais de

90% da erosão ocorre, durante períodos curtos e imprevisíveis no tempo, quando não é agradável ou até perigoso estar fora de casa.

A investigação demonstrou, que como resultado da degradação do solo, a erosão deste recurso, pode hoje ocorrer frequentemente em terras agrícolas. Os cientistas estudaram a frequência e magnitude dos temporais que causam erosãoⁱⁱⁱ. Descobriram perto de Lorca em Espanha, tal ocorre um dia em cada cinco anos. Os cientistas descobriram, também que o 95% da erosão acontece em cerca de 5% da área. Onde a vegetação ou os horizontes do solo com húmus protegem o solo do impacto directo das gotas da chuva, os solos resistem à erosão o teor água torna-se mais estável (infiltração), regularizando o ciclo hidrológico e balanço de nutrientes. Aqui as taxas de erosão são geralmente muito baixas. Em áreas de solo a nu ou rochas meteorizadas, campos agrícolas, aterros, escavações de estradas, áreas de construção e *badlands*, as taxas de erosão são muito altas. As taxas de erosão são geralmente altas quando ocorrem secas, pressões económicas ou conflitos (guerra) que provocam a utilização das áreas marginais pelas pessoas para a produção de alimentos.

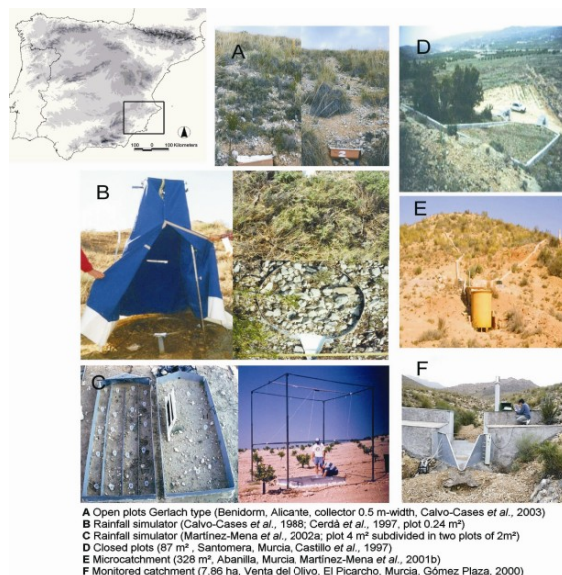


Figura 9. Medindo a erosão do solo em Espanha. A erosão do solo é frequentemente medida em parcelas experimentais, como mostra este exemplo de Espanha.



Figura 10. Práticas agrícolas. Sempre que os solos são expostos à chuva, existe o risco de erosão. Em vinhas, a destruição da vegetação entre as linhas de plantação resulta muitas vezes em elevadas taxas de erosão.



Figura 11. Cerca de metade dos sedimentos nos rios vêm da erosão das margens dos leitos. O fornecimento de mais, ou menos sedimento a um rio como consequência da erosão desregula o sistema, causando ou cheias ou a destruição de pontes e erosão de terras agrícolas.



Figura 12. Estes sulcos e barrancos desenvolveram-se em nas escórias tóxicas resultantes da extracção de minério. Mina de São Domingos, Mértola, Portugal.

Descobertas chave sobre erosão

Os mais sérios efeitos da erosão são a jusante nas planícies aluviais para onde a escorrência superficial transporta os sedimentos erodidos para os rios, diminuindo desta forma a sua capacidade de carga. Assim, a escorrência superficial aumenta a ocorrência e magnitude das cheias nas planícies aluviais, deixando maiores áreas sujeitas ao **risco de cheias**.

A **fertilidade** do solo é afectada pela erosão. O transporte e deposição de partículas deste, podem criar um maior risco, visto que durante a deposição, partículas finas e grosseiras são separadas por um processo de triagem. Isto significa que a matéria orgânica e a argila ficam concentradas em localizações onde se acumulam. Estas são as partículas que contêm quase todos os nutrientes e substâncias tóxicas. Tornam-se assim pontos problemáticos e por vezes causam contaminação.

A erosão máxima está relacionada com a **pressão humana**. Elevadas taxas de erosão em todo o lado, coincidem com o advento de práticas agrícolas modernas, particularmente o uso de bulldozers para nivelamento e limpeza de terras. Actualmente a erosão pode ser tão elevada como 20-30 cm, num único temporal, em algumas horas. (Figura 13)



Figura 13. Actualmente a erosão pode ser tão elevada como 20-30 cm num único temporal em algumas horas.

O uso de maquinaria pesada e a degradação biológica do solo resultaram numa diminuição geral da qualidade do solo que, em vez de poder reter decímetros ou metros de chuva e prevenir cheias e erosão, pode somente armazenar milímetros ou centímetros da chuva que cai.

Mudanças climáticas, gestão da terra e erosão

A frequência de eventos de erosão do solo tem aumentado na região do Mediterrâneo, visto que existem temporais mais prolongados associados às temperaturas mais elevadas. O maior risco de erosão é em terras aráveis ou pomares, onde o solo é mantido livre de ervas. As mudanças no clima e o uso de pesticidas significam que nos solos existem menos substâncias orgânicas, que podem manter as partículas do solo juntas. Estas ajudam o solo a reter a água que se infiltra mais profundamente, estimulando o crescimento das plantas. Maiores taxas de evaporação, fertilizantes e irrigação significam que tendem a existir mais sais na camada superficial do solo, o que aumenta a sua sensibilidade à erosão hídrica. Em tais casos até a chuva de baixa intensidade causa erosão.

O projecto financiado pela UE, *Ermes*, examinou a resposta ambiental das paisagens à degradação a diferentes escalas ao longo de transeptos climatológicos em Israel, Grécia e Espanha. Identificou limiares abaixo de 350 mm a partir dos quais o comportamento dos solos era dominado por sais e as taxas de erosão podiam ser muito elevadas. Em Espanha as áreas mais elevadas ao longo de gradientes climatológicos eram vulneráveis por causa da curta estação de crescimento e do efeito negativo disto no desenvolvimento da estrutura do solo.

8

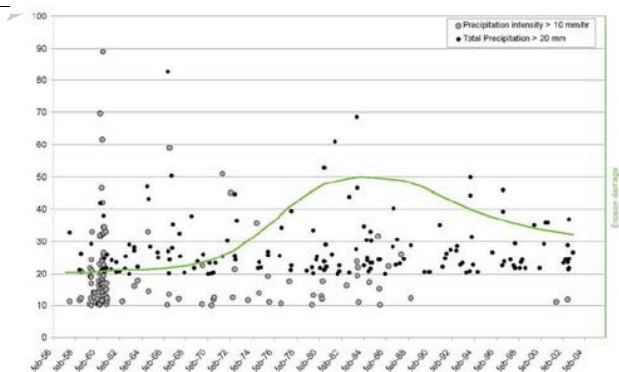


Figura 14. Holanda, mostrando que não há relação entre clima e erosão. Elevadas taxas de erosão em todo o lado coincidem com o advento das práticas agrícolas modernas, particularmente o uso de bulldozers para nivelamento e limpeza de terras. Isto é verdade na Noruega, Espanha, Itália, Holanda e Portugal. Este gráfico mostra que com a gestão da terra a erosão pode ser controlada.

Fogo e erosão

As relações entre erosão, fogo e desertificação são paradoxais no Mediterrâneo. Em 1994 foi organizada uma *workshop* que reviu todas as descobertas disponíveis da investigação. A conclusão inesperada, que se mantém até hoje, foi que, excepto sob circunstâncias especiais, o fogo tende a melhorar a capacidade do solo de reter água e aumenta a sua fertilidade. Apenas, quando as temperaturas excedem os 400-600°C é que a erosão do solo aumentou. As árvores da floresta Mediterrânea e arbustos adaptaram-se ou alteraram as propriedades do solo para que a água seja geralmente retida no solo. Estas propriedades – alta porosidade, repelência da água e estruturas de recolha de água – significam que a água fica nas vertentes e não causa erosão, a menos que o solo seja muito delgado ou tenha tido estas propriedades positivas danificadas por pisoteio ou compactação. Onde ocorrem ocasionalmente grandes volumes de precipitação, tal como ao longo da costa do Mediterrâneo, em Valência, existe o risco de erosão após o fogo devido a temporais que ocorrem, refira-se uma vez em cada dez anos. Normalmente, não obstante, a vegetação volta a crescer e as propriedades do solo melhoram, assim ao fim de três ou quatro anos após o fogo já não há risco de erosão. Contudo, mesmo quando a erosão ocorre, as partículas podem ser aprisionadas por rebentos da vegetação e existe um efeito positivo. A seguir a um fogo há menos evaporação e menos matéria orgânica, assim há mais água e nutrientes disponíveis para as novas plantas que rebentam.



Figura 15. Erosão depois de um fogo, Cocol Espanha.

Se os fogos por si não resultam em erosão, porque aumenta então a erosão frequentemente depois de um fogo? A investigação demonstrou três razões principais. Primeiro, há o professado medo da erosão pós-fogo. Em vez de vedar a floresta e manter as pessoas fora para a vegetação poder recuperar, são construídas e implementadas medidas de protecção da conservação do solo são; as árvores queimadas são retiradas da floresta e os rebentos plantados. Estas acções danificam o solo que perde a sua capacidade natural para regular o ciclo hidrológico, não por causa do fogo, mas por causa da gestão posterior. A compactação reduz a capacidade do solo para reter água (e portanto prevenir a erosão). Os horizontes do solo altamente erodíveis (B e C) são expostos à superfície e deixados a nu sem nenhuma protecção do coberto vegetal. A escorrência superficial ocorre porque as funções hidrológicas do solo estão deterioradas e a erosão em sulcos e barrancos é o resultado frequente.

A segunda razão porque a erosão ocorre é porque as árvores que crescem em plantações tendem frequentemente a ser exóticas e não desenvolveram propriedades para se adaptarem às condições locais. A terceira razão é por causa do pastoreio. As primeiras plantas que crescem após o fogo são geralmente ricas em nutrientes e preferidas pelas

ovelhas e cabras. Embora existam geralmente regulamentos que protegem as plantas do pastoreio, na prática estas áreas tendem a ser utilizadas para pastagem e no processo, o solo sensível, que tem uma estrutura tipo esponja, é pisado e compactado.

Os fogos florestais e outros fogos não causam geralmente erosão por si, logo não há razão para pânico. O principal problema são as actividades da comunidade pós-fogo, para extracção do sustento da terra e explorarem a situação. Prevenir a erosão podia ser largamente conseguido mantendo as pessoas fora da terra e permitir a recuperação da Natureza, o que geralmente leva três a quatro anos.

Pastoreio e erosão

A criação de gado sempre teve um forte impacto na erosão, porque os animais podem tornar o solo compacto, pisar e deslocar fragmentos rochosos, vertente abaixo e consumir ou destruir a vegetação que está a proteger o solo. Mas os animais também podem ter impactos positivos, que reduzem o escoamento, por exemplo ao adicionarem nutrientes, que promovem o crescimento das plantas. Uma compreensão rigorosa dos impactos é muito difícil, porque as interacções e reacções entre plantas, animais e erosão ocorrem ao longo de dezenas ou até centenas de anos; envolvem o uso de fogo como meio de melhoramento da agradabilidade das plantas e mudanças nas práticas de gestão. Em alguns casos, actualmente, as características da erosão em áreas de elevada intensidade de pastoreio, são o resultado da erosão dezenas ou centenas de anos atrás e não podem ser atribuídas aos rebanhos de hoje.

O conceito de **sobrepastoreio** significa que existe mais gado do que a **capacidade de carga** que a terra garante, logo eventualmente a terra será danificada. Tradicionalmente, os números de gado mantidos pelos pastores eram relacionados de formas muito complexas com a disponibilidade de oportunidades de pasto e pastagem. Mas tal como hoje, havia sempre o impacto de pressões sociais ou de uso do solo sobre os pastores para gerirem o seu gado de uma forma, que por vezes arriscava à erosão.



Figura 16. Erosão por causa do pastoreio, ilha de Lesbos, Grécia.

A investigação demonstrou que, onde o gado pasta livremente, a vaca é talvez o mais importante agente de erosão no Mundo actual. Criar vacas em áreas que eram tradicionalmente usadas para ovelhas e porcos, é uma das principais razões, para o aumento da erosão do solo no Alentejo. (Figura 17). Tal facto resulta em parte do elevado peso da vaca e do impacto que isso tem no pisoteio e deslocação do solo para a base da vertente.



Figura 17. Vacas no Alentejo, Portugal, causando erosão.

A ocorrência de processos de erosão do solo induzidos pela maior parte dos animais de pasto está relacionada com a intensidade do pisoteio e isso reflecte-se por exemplo nos locais que são pontos de água ou nas áreas de cercas onde estes se concentram em grande número.

Em Israel a investigação demonstrou que os animais de pasto eram responsáveis pela maior parte do sedimento encontrado na base das vertentes. Esta erosão neste país teve um efeito benéfico, porque concentrou o sedimento no sector da vertente onde

podia ser cultivado e reduziu a profundidade do solo nas vertentes havendo assim mais água da chuva disponível para uso no vale.

O grande aumento dos números de gado (particularmente porcos, mas também ovelhas e vacas) em tempos recentes tem o seu impacto nas áreas onde o alimento é produzido. Os efluentes produzidos por animais escapam-se para os rios tornando tóxicas as descargas durante o Verão, em que o fluxo de água é menor em muitos rios Mediterrâneos. A aplicação excessiva de estrume resultou na degradação da estrutura do solo de maneira que muitos solos se tornaram muito mais sensíveis à erosão.

Conservação do solo, terra e água

O solo e as suas propriedades não podem ser isoladas da paisagem na qual se desenvolveram, nem das pessoas e formas de vida, que são e foram responsáveis por ele. Logo, para ter sucesso, as abordagens da conservação do solo têm que possuir conceitos que incluam tanto o espaço como o tempo e que honestamente sejam dirigidas para as principais forças motrizes da erosão que são tanto físicas como culturais. Requer políticas que tratem a terra, solo e água e o seu uso pelas pessoas, como se de uma entidade se trata-se, e pela qual a sociedade é eticamente responsável. Um exemplo de uma boa prática, baseada neste princípio encontra-se na Nova Zelândia. Uma abordagem que pode ser utilizada para este efeito vem da gestão adaptativa.

Gestão adaptativa e Conservação do solo, terra e água

A informação sobre como a conservação do solo e a erosão podem ser explicadas e geridas utilizando uma abordagem de gestão adaptativa pode ser encontrada em www.resalliance.org. A gestão adaptativa considera ciclos adaptativos de acumulação e libertação.

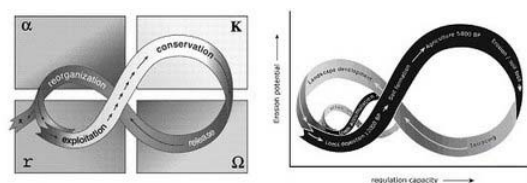


Figura 18. Ciclo adaptativo e o ciclo adaptativo utilizado para explicar as fases de formação do solo.

Estes ciclos descrevem como as coisas se acumulam, atingem um limiar crítico, que pode depois entrar em colapso, libertando materiais para serem explorados por outros processos. (Figura 18). Isto acontece a diferentes escalas. A erosão e a conservação podem ser consideradas a escalas entre milhares de anos a escalas de algumas horas e todas estas podem ser geridas adequadamente. A escala de actuação na conservação do solo pode ser definida desde um campo a uma vertente. Pode-se então estudar a capacidade do solo para regular o escoamento, proteger as pessoas da erosão e produzir culturas, e ver como está a mudar no tempo como resultado das acções realizadas. Pode-se medir estas mudanças utilizando indicadores. No Mediterrâneo, onde o crescimento das plantas está limitado pela água, os padrões na vegetação podem ser utilizados para isto. A uma escala mais pormenorizada as mudanças na estrutura do solo são um bom indicador. Estas indicam como a área está a funcionar a providenciar serviços do ecossistema, especialmente aqueles relacionados com a água.

A uma escala mais grosseira a conservação do solo e da água reflectem investimentos a longo prazo pela sociedade. Quando é tomada a decisão de florestar uma área, esta decisão é tomada em nome de gerações futuras. Os agricultores trabalharam com a paisagem para criar sistemas sustentáveis de gestão da terra. Em grandes áreas emergem paisagens características de Montado e Dehesa. O fogo, o pastoreio e as lavouras criaram uma paisagem heterogénea que concentrou recursos (água e nutrientes) muito eficazmente^{iv}. Mas estas paisagens são culturais e são mantidas parcialmente pelo esforço humano. Quando as pessoas já não fazem isso, estas paisagens são insustentáveis e desaparecem.

Muitos fenómenos de erosão do solo mostram características de ciclos adaptativos. Em pequenas depressões e sulcos nas vertentes, pode acumular-se solo ou sedimentos, atingir uma espessura crítica e depois a erosão pode subitamente ocorrer, deixando um barranco como na Figura 3. Uma vez que exista um barranco, ocorrem processos de erosão completamente distintos. Compreender e aplicar conhecimento acerca de, por exemplo, os padrões de acumulação de matéria orgânica, ou sal permite aplicar medidas de conservação e direccioná-las para

áreas, onde são eficazes em diferentes partes do ciclo.

Como avaliar a erosão do solo e as necessidades de conservação a uma escala pormenorizada

Existem indicadores geralmente aceites que podem ser utilizados para avaliar a função hidrológica do solo e coberto vegetal e estes estão a ser largamente aplicados nos EUA e Canadá. Tais indicadores têm sido largamente utilizados na Europa e América do Sul e providenciam uma alternativa a estudos caros sobre o solo

Conservação do solo através da gestão da estrutura do solo e humidade do solo

A erosão do solo ocorre sobretudo, porque o solo perde a sua capacidade de absorver e armazenar água. O principal objectivo devia ser reter toda a água da chuva possível, seja no ponto em que ela atinge o solo ou num local onde seja recolhida.

A **estrutura do solo** deveria ter a capacidade para resistir à erosão e transporte pelo vento e água. Um desenvolvimento natural ou a degradação da estrutura do solo ocorre ao longo do tempo dependendo se dominam tendências positivas ou negativas. Temperaturas elevadas, pisoteio e lavouras levam a um declínio da estrutura. Por outro lado, sombra, humidade e nutrientes que promovem o crescimento da planta levarão ao seu desenvolvimento.

11

Desenvolvimento da estrutura do solo

Na camada superficial do solo, processos biológicos, químicos e climatológicos resultam na transformação da rocha mãe em material que é composto por partículas aglomeradas separadas por espaços vazios. A estrutura do solo desenvolve-se com o tempo. As partículas aglomeradas tornam-se estáveis em relação à água como resultado de substâncias orgânicas, fungos e raízes mantendo-as unidas. Quando as partículas de solo são humedecidas podem dividir-se em partículas mais finas por enfraquecimento e dispersão, que podem levar à formação de uma crosta na superfície do solo. Estes processos envolvem a componente química da chuva e humidade do solo. Pequenas quantidades de

sais solúveis na água podem desencadear a dilatação e dispersão. Isto resulta em solos que são muito duros quando secos mas macios e fracos quando húmidos. Tais solos são propensos a erosão por *piping*, sulcos e barrancos.

Para o especialista, a estrutura do solo é um indicador sensível da saúde do solo e de como o solo está a ser afectado pela desertificação. Em áreas com uma vegetação em manchas, encontra-se uma grande heterogeneidade na estrutura da superfície do solo. Uma boa estrutura do solo encontra-se geralmente onde o solo está à sombra. Os fragmentos de rochas também proporcionam uma boa estrutura, porque o solo fino entre e por baixo dos fragmentos é usualmente relativamente húmido. Uma boa forma de medir a estrutura do solo é com o conjunto de teste do solo Jornada (Figura 20). A resposta dos agregados do solo imersos em água é medida. Desta forma a estrutura do solo é um indicador que pode ser utilizado pelo leitor para controlar o melhoramento do seu solo.



Figura 19. Superfície do solo e importância da estrutura do solo.



Figura 20. O conjunto de teste do solo Jornada.

A humidade do solo pode ser gerida de várias formas. Um dos processos chave em relação à gestão da humidade do solo é reduzir ou minimizar as taxas de evaporação relativamente elevadas. A cobertura com material vegetal e uma opção produtiva porque dá sombra ao solo, enquanto a chuva pode penetrar através dela para molhar o solo. A seu tempo a cobertura será decomposta, adicionando nutrientes ao solo. Em áreas pouco declivosas uma boa opção é o uso de materiais têxteis, que não só aumentam a eficácia de uso da chuva, mas também o solo no lugar, prevenindo a erosão.

Conclusões

A investigação europeia durante os últimos dez anos tem aumentado grandemente a compreensão dos processos de erosão. Os recursos humanos e conhecimento estão disponíveis, a sociedade poderia utilizá-los para gerir as questões da erosão se as leis fossem cumpridas e as instituições criadas com boa vontade política e poder para decidir.

A natureza e extensão da erosão na Europa são bem conhecidas. A sensibilidade das paisagens à erosão é uma questão de geologia, geomorfologia e clima. Se a erosão acelerada ocorre ou não, é uma questão de uso do solo e gestão da terra.

Os principais processos de erosão são a erosão laminar, sulcos, túnel, barrancos, e erosão eólica. Para prevenir estes processos são requeridas diferentes estratégias e métodos.

As mudanças climáticas afectam a erosão de várias formas. As taxas de erosão máximas ocorrem em áreas independentemente da quantidade de precipitação. A sensibilidade à erosão é influenciada pelo tipo de rocha, pressão humana e duração da estação de crescimento da vegetação.

A erosão de solo acelerada é uma consequência da gestão da terra presente e passada que reduz a capacidade de providenciar serviços do ecossistema. Isto não é sempre óbvio, porque os processos de erosão não são sempre identificáveis pelos decisores como sendo a causa dos impactos que causam.

A erosão do solo é um factor de primeira ordem na segurança alimentar, mudanças climáticas e inundações.

A conservação do solo, terra e água e sua gestão não só previnem a erosão, como também podem a longo termo ajudar a resolver as mudanças climáticas e diminuição da pobreza.

Endereçar os problemas da erosão, tal como a desertificação, requer uma abordagem interdisciplinar e o envolvimento da sociedade.

A erosão do solo deveria ser gerida num quadro de gestão adaptativa da conservação do solo, terra e água que olha a escalas a curto, médio e longo prazo. Devia avaliar como a cultura e os seus impactos estão a afectar a regulação dos serviços hidrológicos e de produção.

Como mencionado, a maior parte dos processos de erosão são fáceis de prevenir ou controlar, quando os problemas são correctamente diagnosticados.

O que **VOCÊ** pode fazer:

À escala local, é simples controlar a susceptibilidade à erosão, utilizando a estabilidade do solo e outros indicadores. O conjunto de estabilidade do solo pode ser utilizado para identificar risco de erosão potencial e para gerir o impacto das acções.

Deixar a chuva ficar onde cai. Manter a escorrência na vertente através por exemplo da colocação de pedras abaixo das plantas, aumentando a rugosidade da superfície.

Evitar solo a nu, cobrir o solo com vegetação, material vegetal ou pedras, e sombra. Promover a vida no solo.

Manter uma estrutura do solo boa e saudável e conservar a humidade do solo. Evitar envenenar os organismos do solo, os habitats porque os produtos químicos que eles criam no solo regulam a hidrologia e previnem a erosão.

Evitar compactação desnecessária e perturbações da estrutura do solo

Consultar o responsável da conservação do solo, terra e água ou pedir à autoridade responsável, para providenciar um.

Recursos

Pode encontrar-se informação acerca de erosão do solo e conservação no mediterrâneo no sítio da erosão do solo (www.soilerosion.net). Este descreve as diferentes formas de erosão e fornece ligações para conferências e grupos de discussão organizados por exemplo pelo programa Europeu COST, a International Soil Conservation Organisation (ISCO) e a European Society for Soil Conservation (ESSC). A ESSC é uma excelente organização e produz um folheto informativo. A rede de erosão do solo dá ligações a outros sítios tais como os da desertificação da FAO e UNCCD. Para aprender mais acerca de degradação da terra e desertificação o sítio da International Union of Soil Sciences é valioso porque explica muitos conceitos e processos (<http://soils.usda.gov/use/worldsoils/landdeg/>). Um teste de qualidade do solo de fácil de utilizar pode ser descarregado de http://soils.usda.gov/sqi/assessment/test_kit.html.

Informação acerca de erosão de solo na Europa pode ser encontrada no sítio de erosão JRC Soil Themes. Está disponível um CD ROM chamado “the Nature and Extent of Soil erosion in Europe as estimated by the PESERA project” (Pan –European Soil Erosion Risk Assessment). Os mapas mostram um tipo de pressão potencial de erosão que existe na área. Não se referem à erosão que está de facto a ocorrer mas antes ao risco hipotético.

Informação acerca da erosão no Mediterrâneo pode ser encontrada nos relatórios de vários projectos da UE, por exemplo Aguas¹ Medalus^{2 3} e ERMES⁴ (Environmental Response of Mediterranean Ecosystems). O projecto SCAPE também organizou encontros que olharam para a erosão no Mediterrâneo^{5 6}

¹¹ European Commission. Aguas Project. EV5V-CT94-0487. Palaeoclimatic reconstruction and the dynamics of human settlement and land use in the areas of the middle Aguas (Almería), in the south-east of the Iberian Peninsula (EUR 18036 EN) 97 p.

² European Commission Mediterranean Desertification and Land Use. Medalus III Project 1 The Core Project Final report (Co-ordinator A. C. Imeson) pp 744

³ Thornes, J. Introduction. Mediterranean Desertification and Land Use. Pp 1-11 in Brandt C.J. and J.B. Thornes Mediterranean Desertification and Land Use Wiley 554 p

⁴ ERMES Modelling and exploring the impact of climate change on ecosystem degradation, hydrology and land use on a transect across the Mediterranean. EV5V-0023 Final Report Co-ordinator A. C. Imeson

⁵ Imeson A. C. 2005 Addressing soil erosion in Europe: proceedings of the SCAPE workshop in Alicante, Spain, June 2003 Land

Referências no texto

- ⁱ Leeuw, Sander van der Leeuw, 1995 Introduction. L'homme et la degradation de l'environnement XVe Recontres Internationales d'Archeologie ed d'Histoire d'Antibes. Editions APDCA Juan-Les-Prins, 1-10, 514 p
- ⁱⁱ Yassiglou, N. Desertification in Greece. pp 148-162. In J.L Rubio and R.J. Ricon. Ed. Strategies to combat desertification in Mediterranean Europe. EU Commission Report EYR 11175 E/ES
- ⁱⁱⁱ Wolman, M.G. and Miller, J.P. 1960. Magnitude and Frequency of forces in geomorphological Processes. Jour Geol 68, 54-74
- ^{iv} Ludwig, J.A. Wilcox, B.D. Breshears, D.D. and Imeson A.C. 2005. Eco-hydrological patterns and processes in semi-arid landscapes: a framework and, Australian. European and North American Case Studies. Ecology 205 285-297
- Imeson, A.C. H.A.M. Prinsen, 2004 Vegetation patterns as biological indicators for identifying runoff and sediment source and sink areas for semi-arid landscapes in Spain in: Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 104 (2004), p. 317-332