

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

Nesta dissertação os Sistemas de Informação Geográfica desempenham um papel primordial na modelação do fenómeno de erosão, permitindo a integração dos dados que caracterizam a variabilidade espacial da zona de estudo, pertencente à Sub-Bacia do Rio Cobres, que está integrada na Bacia Hidrográfica do Guadiana, num único sistema, podendo ser considerados como ferramenta de apoio no planeamento e gestão da conservação do solo.

A comparação dos dois modelos de erosão utilizados neste trabalho, quanto à erosão média anual na área de estudo, aponta para resultados do modelo USLE - “Universal Soil Loss Equation” mais próximos dos verificados em estudos de erosão efectuados na Bacia Hidrográfica do Guadiana. Os resultados obtidos pelo modelo WEPP-“Water Erosion Prediction Project” para a erosão média anual são bastante inferiores (99%) aos registados no modelo USLE.

A análise comparativa do escoamento médio anual estimado pelo modelo WEPP e o observado na secção de Entradas vem confirmar a possível subestimação deste modelo nos resultados do escoamento e da erosão, fenómenos que estão interligados entre si. É de salientar que o número de eventos com escoamento no modelo WEPP é muito inferior ao número de eventos observado na área de estudo, sendo de referir que o modelo WEPP só regista como evento escoamentos com um determinado volume.

Uma das hipóteses desta subestimação dos resultados do modelo WEPP deve-se ao factor fisiográfico, isto é, à topografia do terreno. Deverá também ter-se em conta outros factores assinalados na análise de resultados, tais como os parâmetros referentes ao clima, solo, e gestão das culturas. Todos estes parâmetros afectam o cálculo do escoamento e da erosão, e podem conduzir a erros quando não aferidos para as condições de campo.

Quanto aos eventos de escoamento analisados e comparados com os observados, apenas nos dias onde se registou escoamento no modelo WEPP, pode-se constatar pelo índice de eficiência de NASH & SUTCLIFFE (1970) que existe um ligeiro enviesamento dos valores observados, pois para estes períodos o modelo WEPP calcula por excesso o escoamento. Mas como na totalidade o número de eventos com escoamento observados é muito superior aos estimados pelo modelo,

em termos de resultados finais, reflecte-se numa subavaliação do modelo WEPP na estimativa do escoamento e da erosão.

No que se refere às três dimensões de células aplicadas (10, 30 e 60), conclui-se que a perda de solo média anual aumenta com a resolução para o modelo USLE não se registando diferenças significativas, o que se torna inconclusivo quanta à resolução a aplicar.

No caso do escoamento médio anual (dam^3) e da erosão média anual (resultante da média das classes) obtidos através do modelo WEPP, estes apresentam valores mais elevados na resolução 30.

Na selecção do ponto “outlet” no modelo WEPP verificou-se que a sobreposição da sua localização com a rede de canais de escoamento apenas é exacta para uma dimensão das células de 30.

De todos os factores analisados no modelo WEPP conclui-se que a melhor resolução a aplicar neste estudo é a de 30.

Conclui-se então que a utilização destes modelos de erosão (USLE e WEPP) pode ser recomendada no planeamento e gestão da conservação do solo, contudo a sua utilização deve ser mais qualitativa do que quantitativa, pois os seus resultados não têm a precisão suficiente para permitir uma avaliação exclusivamente numérica. VAN REMORTEL *et al.* (2001), quando implementaram a USLE sobre um SIG verificaram que os resultados estimados serviam apenas para uma análise relativa da perda de solo na área de estudo.

Estes modelos permitem a avaliação de padrões de erosão para as zonas analisadas, permitindo identificar as zonas mais sensíveis à erosão. O modelo WEPP apresenta ainda a vantagem de permitir architectar vários cenários, fazendo variar os vários parâmetros que intervêm no processo erosivo e assim simular várias situações, permitindo implantar práticas conservacionistas do solo. Além disso, também nos fornece informação quanto ao tipo de sedimentos erodidos.

Para aplicar um modelo deve-se validá-lo a nível local. A pesquisa necessita determinar o valor dos seus parâmetros para as condições edafo-climáticas locais. Recomenda-se em trabalhos futuros, principalmente na utilização do modelo WEPP, por ser aquele que apresenta um maior número de parâmetros envolvidos, a sua calibração e validação para a área de estudo envolvida.

É de salientar que este estudo consiste numa primeira tentativa de aplicação do modelo WEPP, de modo a identificar o tipo de dados de campo necessários para validar e calibrar o modelo. Os resultados em termos comparativos com o modelo USLE e com os valores indicativos para a Bacia do Guadiana recolhidos experimentalmente ficaram muito aquém dos esperados, dando indícios da subestimação dos valores de erosão. São necessários mais estudos, com dados de campo e laboratoriais, pois neste trabalho foi recolhida informação que permitiu correr o modelo, mas que pode conter erros que se reflectem nos resultados obtidos.

6.2 LIMITAÇÕES AO ESTUDO DA MODELAÇÃO DA EROSÃO

Existe a tendência para construir novos modelos em vez de testar as capacidades e limitações dos existentes, e a sobreavaliar os resultados positivos em detrimento dos negativos. BERGSTRÖM (1991) aponta como negativas estas atitudes, afirmando que no entanto são comuns na investigação em modelação hidrológica.

Outro aspecto a ter em conta é que os modelos são aproximações da realidade, não conseguindo representar com precisão os sistemas naturais, devido ao elevado número de parâmetros envolvidos e às inter-relações existentes entre eles. Além disso, existem sempre erros de medição associados, que podem levar a estimativas enviesadas dos parâmetros ou a conclusões erradas sobre a capacidade do modelo para representar a realidade (FERNANDEZ, 2004).

Os parâmetros de entrada nos modelos de previsão de erosão carecem de trabalho de campo para levantamento de todos os parâmetros intervenientes nos mesmos.

A incerteza dos parâmetros é uma fonte significativa de incerteza nas previsões dos modelos, conduzindo a uma propagação de erros nos resultados.

Os algoritmos associados a estes modelos de erosão foram elaborados para características específicas e definidas, à escala laboratorial ou para pequenas áreas de estudo. O processo de generalização afecta muitas vezes a validade do modelo (MORAD & PÉREZ, 2001).

Pode-se assim concluir que os modelos são uma boa ferramenta que nos dão uma perspectiva dos fenómenos existentes na natureza, no entanto os seus resultados absolutos devem ser analisados com algum cuidado, atendendo ao erro que pode estar associado aos dados de entrada, e à dificuldade em representarem com exactidão a realidade. A validação destes parâmetros "in loco" e posterior calibração do modelo poderão atenuar alguns destes erros.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

As conclusões obtidas nesta dissertação e a avaliação das dificuldades na construção dos modelos, principalmente no modelo WEPP, devido ao elevado número de parâmetros de entrada, revelam vários aspectos que devem ser tidos em conta em trabalhos de investigação futuros relacionados com o tema.

Um dos aspectos chave é o levantamento de campo dos parâmetros envolvidos nos modelos de previsão da erosão, só assim se consegue uma maior aproximação da realidade e uma maior fiabilidade dos resultados.

A comparação dos dados obtidos no modelo com os dados observados na área de estudo, e posterior calibração do modelo é outro factor importante a ter em conta.

No modelo USLE é necessário determinar o factor erosividade da chuva. Estudos sobre as características das chuvas e seu potencial erosivo são raros. Os poucos trabalhos realizados têm dado a indicação que a metodologia empregue na determinação do factor erosividade utilizado no modelo USLE é válido. Mais estudos devem ser realizados para definir um modelo de regressão para cada região de interesse.

Para a utilização do modelo WEPP não há necessidade de um parâmetro erosividade da chuva. No entanto, o modelo requer a existência de uma base de dados com todos parâmetros climáticos, no qual devem constar registos diários da precipitação, temperatura, radiação solar, direcção e velocidade do vento. Por isso, é imprescindível a existência de estações meteorológicas com registos de longo prazo.

A entidade de investigação em erosão hídrica do solo que pretenda aplicar este modelo, deverá ter os dados necessários e elaborar uma base de dados com todos os parâmetros climáticos essenciais ao modelo. Esse levantamento de dados meteorológicos é um trabalho incipiente e é muito importante que os investigadores envolvidos uniformizem a forma e o tipo de base de dados, para que as informações

geradas possam ser adequadamente comparadas e utilizadas. A existência de dados climáticos em ficheiros com o formato CLIGEN para o maior número de pontos de cobertura climática do país seria o ideal. Já existe algum trabalho feito neste sentido, o ficheiro utilizado neste estudo foi extraído dessa base de dados.

Na pesquisa da erosão, especial ênfase deve ser dada ao solo, que é o agente passivo no processo, aquele que sofre a acção do agente erosivo.

Cada solo apresenta uma capacidade peculiar de resistir à erosão, a qual, nos modelos de previsão da erosão do solo é denominada por factor de erodibilidade do solo.

Para utilização no modelo USLE, o valor do factor erodibilidade do solo pode ser determinado por meio de métodos directos ou indirectos. Os métodos directos requerem experimentação de campo, a longo prazo, em condições de chuva natural, ou em mais curto prazo, utilizando simulador de chuvas. Pelos métodos indirectos, a erodibilidade do solo pode ser determinada por meios analíticos, através do conhecimento das propriedades do solo que melhor se correlacionam com os valores conhecidos determinados pelos métodos directos. A metodologia utilizada na determinação da erodibilidade do solo (tanto por método directo quanto por método indirecto) deve ser uniformizada para que os investigadores possam comparar valores e utilizá-los nas mais variadas condições.

Já para o modelo WEPP, devem determinar-se os factores de erodibilidade do solo em sulcos e entre sulcos, a tensão crítica de cisalhamento, além da condutividade hidráulica saturada e as características de consolidação do solo para aplicação no modelo. A determinação local dos valores desses factores deve ser efectuada com base em metodologia uniformizada. Desde tipo, formato e tamanho da parcela até aos padrões e intensidades de chuvas experimentais, taxas e formas de aplicação de fluxos extras em sulcos pré-formados ou não, e uma série de outros aspectos precisam ser bem definidos e padronizados. Pode-se inclusive realizar experimentação sobre comparação de métodos de obtenção dos factores utilizados no modelo WEPP.

Um factor da interface do sistema solo extremamente importante na aplicação de modelos de erosão, está relacionado com as plantas cultivadas e seus efeitos na dissipação da energia erosiva que alcança o solo. A gestão do sistema cultural, o desenvolvimento vegetativo e do sistema radicular, a forma de gerir os resíduos e as

taxas de decomposição destes, são variáveis extremamente importantes no processo de erosão do solo. Nesse contexto, reveste-se de acentuada importância o método de preparação do solo utilizado na implantação das culturas, bem como os sistemas de sucessão e de rotação de culturas envolvidos. A forma de quantificação de valores para cada um desses factores depende do tipo de modelo de erosão que o investigador vai utilizar. As padronizações metodológicas que cada modelo determina precisam ser seguidas. Assim, os resultados obtidos poderão ser devidamente avaliados, utilizados e comparados. Certamente, o factor mais importante na dissipação da energia erosiva está relacionado com o manejo do solo e das culturas, a cobertura do solo, os resíduos vegetais e os métodos de preparação do solo. Mas, por outro lado, são os factores mais difíceis de serem obtidos pela experimentação de campo ou de laboratório, por procedimentos uniformes.

É muito importante que o investigador seja bem claro ao caracterizar o método experimental utilizado na obtenção dos valores desses parâmetros.

Características do relevo, tais como declive, forma e comprimento da encosta são muito importantes no processo erosivo. As práticas conservacionistas constituem um factor relevante na magnitude das perdas de solo e água por erosão. No entanto, se forem estabelecidas prioridades de pesquisa, esses factores apresentam uma prioridade secundária.

Relações obtidas para esses factores em pesquisas realizadas em outros países, podem, em princípio, serem empregues nas condições locais. Características muito particulares podem ser estudadas, desde que as principais prioridades sejam atendidas. Nesse caso, novamente, a uniformização metodológica é desejável.

A pesquisa de erosão tem sido concentrada na obtenção de valores de perdas de solo e água em parcelas experimentais de tamanho médio a pequeno, em várias condições de solo e de sistemas de manejo, para a determinação de valores de parâmetros de modelos de erosão. É importante que essas pesquisas sejam também desenvolvidas em áreas grandes como bacias ou micro bacias hidrográficas, que foi o que se tentou fazer neste estudo.

Outro ponto importante é que a pesquisa em erosão do solo não se deve preocupar apenas em privilegiar o aspecto agronómico do problema. Aspectos de engenharia são muito importantes, principalmente relacionados com a sedimentação nas calhas dos rios em bacias hidrográficas grandes e médias. Por esta razão, o

investigador com formação em Agronomia necessita de ampliar os seus conhecimentos básicos, especialmente relacionados com a área da hidráulica, mecânica de fluidos e transporte de sedimentos.

Os aspectos ambientais de qualidade da água são extraordinariamente importantes e talvez deva ser o principal ponto de pesquisa num futuro próximo. A água é tão importante como o solo na pesquisa da erosão. Actualmente, com o incremento de métodos de preparação do solo, tais como as mobilizações mínimas e a plantação directa, que aliam a mínima (ou nenhuma) mobilização do solo com a manutenção de uma densa e contínua cobertura do solo (por resíduos e por culturas de cobertura), os níveis de perdas de solo por erosão têm diminuído sensivelmente. No entanto, esse facto não tem diminuído a importância e a necessidade de pesquisa em erosão do solo.

Há nesta área, um campo importantíssimo a explorar, relacionado com a qualidade da água e com o potencial poluidor das águas de escoamento superficial que provêm da actividade agrícola, onde se aplicam grande quantidades de produtos químicos. Devem ainda, ser tidos em conta os aspectos de infiltração de água, o fluxo superficial concentrado (potencial erosivo) e o manejo das águas de escoamento superficial.

No momento actual da pesquisa em erosão do solo, onde já existem inúmeros resultados experimentais, alguns publicados, outros não, muitos dispersos e desconhecidos, a preocupação deveria ser em reunir as informações existentes em uma base de dados. Fica a sugestão para as Instituições competentes se responsabilizarem pela elaboração dessa base de dados, realizando convenções com instituições de investigação. Assim, provavelmente, esse empreendimento teria sucesso.

Outro aspecto da investigação da erosão do solo está relacionado com o desenvolvimento de um modelo de previsão de erosão para características específicas de ecossistemas portugueses. Essa convicção é especialmente apoiada no facto de que um modelo com fundamentação física poder ser aplicado em praticamente todas as partes do mundo, desde que sejam desenvolvidas pesquisas de validação.