



Estimativa de perdas de solo da bacia do Córrego Itabira, Cachoeiro de Itapemirim-ES

Luciano Melo Coutinho

Prefeitura Municipal de Cachoeiro de Itapemirim - AGERSA
Rua Prof^o Quintiliano Azevedo, 31, Centro - 29300-803 - Cachoeiro de Itapemirim-ES, Brasil
lncoutinho@hotmail.com / lncoutinho@gmail.com

Abstract - Anthropic activities in general are not preceded by practices that contemplate environmental conservation, which can intensify erosion processes, causing the depletion and devaluation of agricultural lands. Water erosion is the main modeling agent of river watershed, also considered the main cause of negative impacts. The Universal Soil Loss Equation (ESLE) brings together the main physical and geographic factors ($PS = R * K * L * S * C * P$) related for erosion, allowing to estimate losses for large areas (ton / ha / year). In this work the annual erosion of the Itabira Stream watershed was estimated from data georeferenced in a Geographic Information System (GIS) environment. The relief representation adopted the digital hydrography and altimetry mapping for the generation of the Digital Hydrologically Consistent Elevation Model (MDEHC) and the slope map. The land use mapping was made by interpretation and vectorization of digital aerial photography. The final product consisted of an erosion map from the algebra of thematic maps. The analyzed watershed presents diversity of relief with sloping areas in the head (preserved areas and of less risk of erosion) and flat downstream (occupied areas and of greater risk). The main erosion values (ton / ha / year) identified were minimal (0), medium (18.65) and maximum (306.17).

Key words: environment, relief, mapping, management, conservation.

1. Introdução

As atividades econômicas, em sua grande maioria, não são acompanhadas de ações que demonstram a preocupação com o meio ambiente e os recursos naturais. O uso e ocupação do solo de forma desordenada são os principais causadores de impactos ambientais negativos, principalmente os processos erosivos e a poluição, resultando no desgaste e desvalorização das terras agrícolas (Coutinho, 2010; Hernani et al., 2002).

Entende-se por erosão o processo natural, característico da própria formação dos solos, capaz de remover partículas de material intemperizado pela ação da chuva (erosão hídrica), vento (erosão eólica) e biodiversidade (erosão mecânica). Esta pode ocorrer por toda vertente (erosão laminar) ou em sulcos (erosão ravinar ou voçorocas). Dessa forma o armazenamento superficial e subsuperficial de água no solo estão diretamente ligados a estes processos e às condições da superfície (SILVEIRA, 2004).

Os principais processos internos das bacias hidrográficas são o escoamento superficial, infiltração, intemperismo e erosão, os quais interagem constantemente entre si remodelando as paisagens. Toda a chuva que atinge a área interna da bacia (precipitação efetiva) escoada pelas encostas e fendas, acumulando volume, agregando materiais e convergindo para uma única saída chamada foz ou exutório.

A erosão hídrica é influenciada pela erosividade da chuva, erodibilidade do solo e vegetação, sendo a cobertura do solo um fator determinante para o controle da erosão. A dinâmica interna das bacias pode ser alterada pela intensificação dos desmatamentos de vegetação natural para introdução de pastagens e culturas agrícolas, deixando o solo exposto aos fenômenos atmosféricos e biológicos, podendo intensificar a erosão. Hernani et al. (2002) estimaram as perdas anuais de solo (822,7 milhões/ton) e água (171 bi/m³) para o Brasil, resultando em um prejuízo financeiro de US\$ 4,2 bi/ano com a erosão. Dechen et al. (2015) estimaram a partir de experimentos perdas de terra em torno de 615 ton/ano, representando um custo de US\$ 1,3 bi/ano com erosão.

Estimar as perdas de solos em bacias ou grandes áreas é uma tarefa complexa, uma vez que os fatores físicos e geográficos que se relacionam aos processos erosivos são variáveis, o que dificulta encontrar uma modelagem ideal. A elaboração de modelos matemáticos de

perdas de solos tem suas origens na década de 1940 (*Corn Belt* - USA), com maior expressão no fim da década de 1950 com Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS).

Originalmente tais estudos se limitavam a procedimentos empíricos, mas devido ao avanço dos recursos de informática é possível simular as perdas de solos via ambiente computacional, permitindo assim estudos de grandes áreas a partir do cruzamento de diversas informações, considerando as variações espaciais e temporais dos fatores condicionantes da erosão. Com a adoção destes modelos pode-se avaliar os efeitos do uso e manejo do solo sobre o comportamento hidrológico de uma bacia, escoamento e qualidade da água, o que justifica os desenvolvimentos e aperfeiçoamentos destas modelagens (Bertoni e Lombardi Neto, 2005; Wischmeier e Smith, 1978).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são a categoria de softwares de tratamento e cruzamento de dados espaciais, bastante utilizados para aplicação da EUPS, uma vez que permitem gerar, manipular, converter e atualizar informações de dados georeferenciados. Todavia, bons resultados destes estudos dependem da utilização de dados precisos e da adoção de procedimentos confiáveis, contemplando assim o estado da arte.

Este trabalho reuniu em ambiente de SIG os dados cartográficos digitais necessários para uma simulação digital de perdas anuais de solo da bacia hidrográfica do Córrego Itabira (BHCI). Foram confeccionados dados espaciais da área de estudos que representam os fatores da EUPS. Espera-se contribuir com a geração de dados atualizados e subsídios às tomadas de decisão para gestão da área.

2. Metodologia de Trabalho

A bacia hidrográfica do Córrego Itabira (BHCI) está situada no município de Cachoeiro de Itapemirim, sul do Estado do Espírito Santo. Abrange uma área de 3,77 km², com cotas de altitude máxima de 600m e mínima de 35m. As principais atividades do município são a mineração, agropecuária, comércio e indústria. Na Figura 1-A consta a localização da BHCI e as classes de uso do solo em 1-B (Coutinho, 2015).

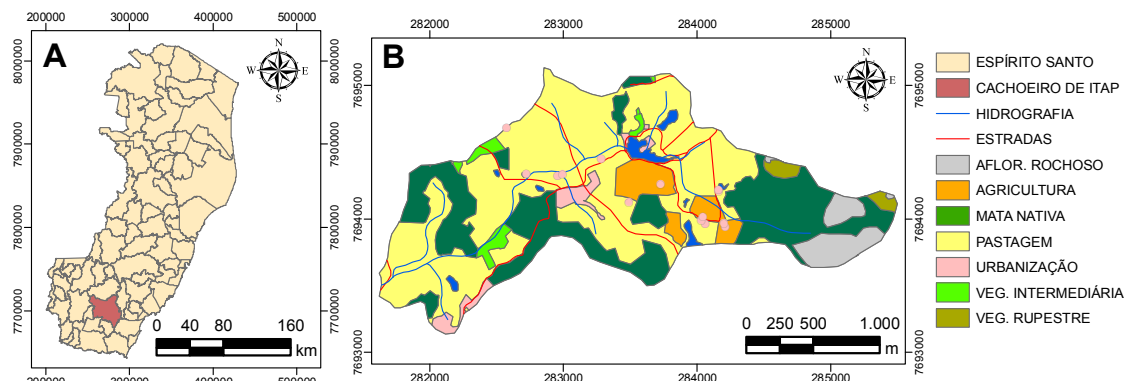


Figura 1. Localização política da BHCI (A) e mapeamento de uso do solo (B).

O clima é do tipo Aw pela classificação climática de Köppen, quente e úmido com chuvas de verão e inverno seco, precipitação anual entre 1500 e 2000mm. De acordo com o RADAMBRASIL (1983) o relevo inclui a Faixa de Agradação Cachoeiro de Itapemirim-Castelo (entre 80m e 100m com superfícies suaves) e Feições de Mar de Morros (entre 200m e 900m com rochas pouco intemperizadas). A cobertura vegetal original se inclui no Domínio Atlântico, com ocorrências de Floresta Ombrófila Densa Submontana (altitude até 500m), Floresta Ombrófila Densa Montana (acima de 500m), vegetação rupestre em afloramentos rochosos, brejos herbáceos em porções baixas e úmidas e ocorrências aleatórias de sistemas secundários. A litologia consiste de solos residuais em camadas rasas sobre rochas e



afloramentos rochosos (cabeceras), camadas espessas (sentido centro a jusante) e solos deposicionais nas porções mais baixas e planas (Coutinho, 2015).

A metodologia utilizada consistiu da adaptação da EUPS a partir de dados cartográficos e de mapeamento digitalizados, os quais seguem relacionados:

- *software* ArcGIS na versão 9.1® da categoria SIG;
- curvas de nível e hidrografia digitais do IBGE (Folha SF-24-V-A-V-4);
- Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado pelo interpolador *Topo To Raster* (TR);
- aerofotos ortorretificadas (1m x 1m) do ano de 2008-2015 do IEMA;
- mapa de solos RADAMBRASIL, Folha SF 23/24 (1: 1000000); e
- *software* NetErosividade do ES (Moreira et al., 2012).

A avaliação de confiabilidade dos dados cartográficos consistiu das seguintes etapas:

- comparação entre bacias obtidas por delimitação manual e delimitação automática de MDE;
- representação do relevo por pós-processamento do MDE para eliminação de depressões espúrias do terreno por filtragem (*Fill*), gerando-se um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC);
- precisão das aerofotos por cruzamento de coordenadas métricas de (i) receptor de GPS em campo e (ii) pontos das imagens a partir de Erro Quadrático Médio (RMS).

O mapeamento das classes de uso do solo foi em formato vetorial (*shapefile*) do tipo polígono. A partir do espaço de atributos (*Open Attribute Table*) das classes de uso do solo foram atribuídos os valores correspondentes aos fatores da EUPS conforme o proposto pela literatura consultada. Em seguida os dados foram convertidos para formato de imagem (*Conversion Tools - Polygon to Raster*), o que possibilitou estimar as perdas de solo em cada *pixel* por álgebra de mapas, utilizando-se a Equação 1 (Bertoni e Lombardi Neto (2005).

$$PS = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

em que:

PS = taxa de perda anual de solo por unidade de área, $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$;

R = fator erosividade da chuva, $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$;

K = fator erodibilidade do solo, $t \text{ ha}^{-1} (\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1})^{-1}$;

L = fator comprimento do declive, adimensional;

S = fator grau de declive, adimensional;

C = fator uso e manejo do solo, adimensional; e

P = fator práticas conservacionistas, adimensional.

- Fator R: expressa a erosividade da energia cinética da chuva, a qual é obtida a partir de dados de precipitação da área (mensal e anual). De acordo com Wischmeier e Smith (1978) pode-se estimar R pelo EI_{30} (produto da energia cinética pela intensidade máxima das chuvas em 30 minutos consecutivos) ou $KE > 25$ (soma da energia cinética dos segmentos de chuva com intensidade superior a 25 mm h^{-1}). Este fator foi obtido pelo *software* NetErosividadeES, programa que permite a definição do fator R para todo o Estado do Espírito Santo. Utiliza Redes Neurais Artificiais (RNA) para tratamento de dados mensais e anuais de precipitação a partir destas metodologias (MOREIRA et al., 2012).

- Fator K: expressa as propriedades físicas e resistência dos tipos de solo à erosão. Para identificação dos tipos de solo da bacia procedeu-se o georeferenciamento do mapa digital (*Georeferencing*), seguido da vetorização e definição dos atributos para cada classe. Os valores de erodibilidade (K) foram atribuídos conforme Bertoni e Lombardi Neto (2005).



- Fator LS: representa a relação entre projeção horizontal do terreno (ou distância real) e sua declividade, o que reflete o tempo e trajeto de escoamento pela vertente conforme o perfil das encostas. Maiores declividades podem aumentar a velocidade do escoamento, acelerar a erosão e causar perdas de água no solo. A declividade foi espacializada em porcentagem (*3D Analyst*), seguido do comprimento de rampa (Equação 2) e fator LS (Equação 3).

$$\lambda = \sqrt{Px^2 + [(D/100) * Px]^2} \quad (2)$$

em que:

λ = comprimento de rampa

Px = tamanho do pixel

D = declividade

$$LS = 0,00984 * \lambda^{0,63} * D^{1,18} \quad (3)$$

em que:

λ = comprimento de rampa de cada pixel (m); e

D = declividade do terreno (%).

- Fator C: a cobertura vegetal pode interferir nas perdas de solo, sendo reduzidas em áreas preservadas e de forma diferenciada conforme o tipo de cultura (permanente ou sazonal, densa ou rala). Os valores de cobertura foram atribuídos aos dados vetoriais de uso do solo gerados por Coutinho (2015) a partir das aerofotos digitais.

- Fator P: representa as práticas de conservação adotadas conforme o uso do solo e as práticas de cultivo, cujos valores das perdas devem considerar se o plantio é em nível ou morro abaixo. Este procedimento seguiu o proposto de atribuição de valores às classes de uso do solo, considerando a máxima declividade (25%) proposta pela literatura.

O procedimento final foi a confrontação das informações via álgebra de mapas (*Raster Calculator*) dos fatores da EUPS, permitindo o mapeamento de perdas de solo para a área de estudos. A Figura 2 demonstra as etapas e procedimentos adotados.

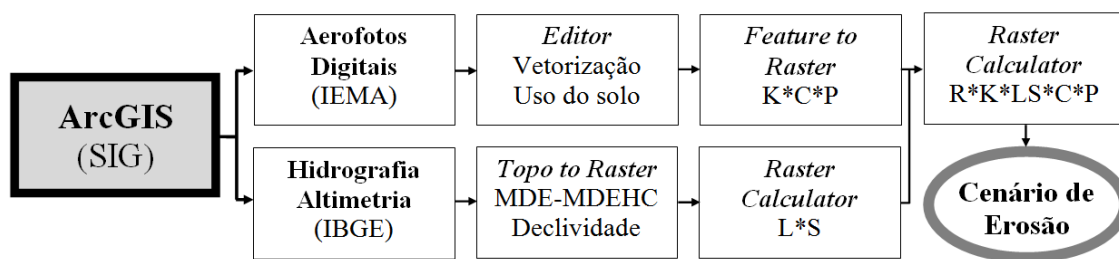


Figura 2. Fluxograma de métodos e procedimentos.

3. Resultados e Discussão

Os procedimentos de verificação de dados indicaram que a delimitação manual da bacia é o procedimento de maior confiabilidade pela certeza proporcionada na junção de dados (carta topográfica e aerofotos) o que permite a intervenção do operador na definição do divisor topográfico. O método de delimitação automática com uso de algoritmo torna o procedimento subjetivo, principalmente em áreas planas, pois o maior distanciamento entre as curvas de nível pode não corresponder à realidade do terreno. A validação de dados vetoriais e imagem

obtiveram Padrão de Exatidão Cartográfica categoria A ($< 7,5m$). Estes procedimentos foram adotados por Coutinho (2010) e Coutinho (2015).

O procedimento de obtenção do fator R (erosividade da chuva) foi pela vetorização do centróide da bacia (*Calculate Geometry*), seguido da indicação de suas coordenadas (Lat. $20^{\circ}50'24''S$ e Long. $41^{\circ}04'55''S$) e altitude (126m) no *software* NetErosividadeES. O valor do fator R anual obtido foi $EI_{30} = 6870$.

A partir do mapa de solo do RADAMBRASIL foram vetorizados os tipos de solo da bacia sendo argissolo na porção centro-oeste ($3,1km^2$) e latossolo a partir de centro-leste ($0,69km^2$), seguido da definição do fator K, sendo argissolo $k = 0,034$ e latossolo $k = 0,017$.

A área de drenagem e a declividade da BHCI obtidas pelo interpolador TR permitiram a geração do fator LS. A opção de suporte de hidrografia mapeada por TR contribuiu para a identificação precisa dos fundos de vales, gerando uma modelagem de maior consistência e proximidade da realidade. Informações de representação da declividade de encostas podem contribuir para as ações de planejamento e uso do solo em bacias, seja nas atividades econômicas e/ou aplicação da legislação (Oliveira et al., 2010).

Estudos sobre a EUPS mencionam as dificuldades de obtenção do fator LS para grandes áreas e/ou de relevo diversificado. A partir da classificação do mapa de declividade é possível observar as disparidades de inclinação do relevo (Tabela 1). A maior ocorrência é do tipo ondulado ($31,56\%$), seguido de forte ondulado ($30,24\%$). As áreas mais suaves ($0-8\%$) representam $24,14\%$ acumuladas. As mais íngremes (45 e $>75\%$) somadas (14%) têm menor expressão e se encontram às cabeceiras. Este modelo representa a diversidade do relevo da BHCI com ocorrências de forte gradiente topográfico decorrente da geologia.

Tabela 1: classificação do relevo da BHCI conforme EMBRAPA.

| Classe | Classe (%) | Área (km ²) | Área (%) | Acumulado |
|----------------|------------|-------------------------|----------|-----------|
| Plano | 0-3 | 0,24 | 6,37 | 6,37 |
| Suave | 3-8 | 0,67 | 17,77 | 24,14 |
| Ondulado | 8-20 | 1,19 | 31,56 | 55,71 |
| Forte ondulado | 20-45 | 1,14 | 30,24 | 85,95 |
| Montanhoso | 45-75 | 0,35 | 9,28 | 95,23 |
| Escarpado | >75 | 0,18 | 4,77 | 100,00 |
| Total | - | 3,77 | 100,00 | - |

O mapa de comprimento de rampa foi obtido pela Equação 2, sendo os valores mínimo (10m), médio (14m) e máximo (224m). O comprimento de rampa representa a relação entre a projeção horizontal e a declividade pela extensão da encosta, refletindo assim o tempo e o trajeto do escoamento. O grau de declividade será sempre maior na medida em que ocorrer o aumento da altitude em relação à distância real. A combinação entre a declividade, comprimento da encosta e cobertura vegetal influencia a ocorrência de erosão. Declives acentuados podem aumentar a velocidade de escoamento e favorecer a erosão, além de reduzir as taxas de infiltração e potencial de armazenamento de água no solo. Oliveira et al. (2010) simularam o fator LS do Ribeirão Salobra por diferentes interpoladores, ocorrendo resultados similares nas áreas planas e maiores disparidades nas áreas de maior declividade.

A manipulação dos mapas de declividade e comprimento de rampa pela Equação 3, permitiu a geração do mapa do fator LS (Figura 3-A). As principais informações estatísticas do fator LS foram mínimo (0), média (3,7) e máxima (148,5). A distribuição temática adotou a unificação das classes de maior declividade (>20) e a diluição das classes de menor declividade, permitindo assim maior detalhamento de sua ocorrência (Tabela 2). A maior ocorrência ($54,64\%$) é da classe mais suave ($0-1,5$) e a menor espacialização ($1,06\%$) da classe entre $10-15$. Os valores acima de 20 representam apenas $2,02\%$ da área.

O mapa de uso e manejo do solo (fator C) foi obtido a partir da atribuição de valores nas classes de uso do solo (Tabela 3), seguido da conversão para formato *Raster*. A classe considerada mais suscetível a erosão foi a Pastagem Limpa (1,000), o que se justifica pela exposição do solo às intempéries atmosféricas, seguido de agricultura cíclica (0,065). Demais classes foram consideradas de risco intermediário (0,010) e de baixo risco (0,001).

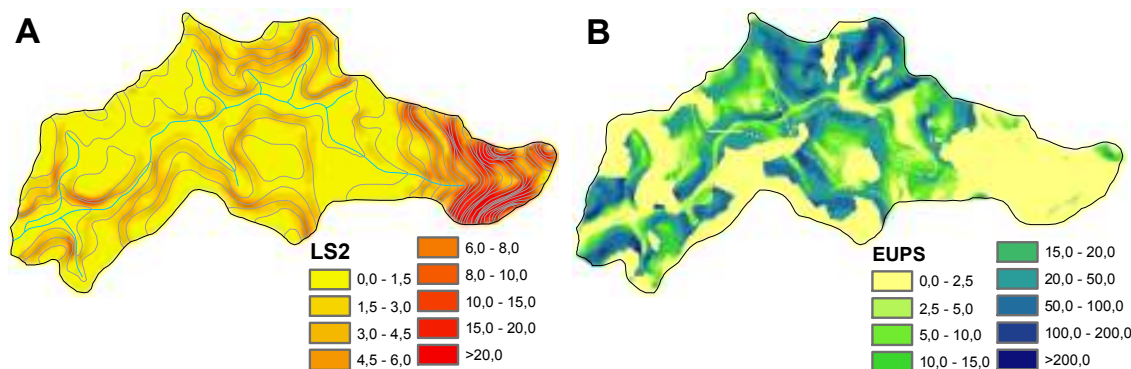


Figura 3. Mapa de LS com hipsometria e hidrografia (A) e mapa de erosão (B) da BHCI.

Tabela 2: Distribuição do fator LS para a BHCI.

| Classe | Área (km ²) | Área (%) | Acumulado |
|-------------|-------------------------|----------|-----------|
| 0,0 - 1,5 | 2,06 | 54,64 | 54,64 |
| 1,5 - 3,0 | 0,75 | 19,89 | 74,54 |
| 3,0 - 4,5 | 0,37 | 9,81 | 84,35 |
| 4,5 - 6,0 | 0,16 | 4,24 | 88,59 |
| 6,0 - 8,0 | 0,13 | 3,45 | 92,04 |
| 8,0 - 10,0 | 0,08 | 2,12 | 94,16 |
| 10,0 - 15,0 | 0,07 | 1,86 | 96,02 |
| 15,0 - 20,0 | 0,04 | 1,06 | 97,08 |
| >20 | 0,11 | 2,92 | 100,00 |
| - | 3,77 | 100 | - |

Tabela 3: Classes de uso do solo e atribuição dos valores dos fatores C e P para BHCI.

| Classe | Área km ² | Fator C | Fator P |
|-------------------------|----------------------|---------|---------|
| Agricultura Cíclica | 0,19 | 0,065 | 1,00 |
| Hidrografia | 0,06 | 0,001 | 0,18 |
| Mata Nativa | 1,05 | 0,001 | 0,45 |
| Pastagem Limpa | 2,02 | 0,100 | 0,90 |
| Rocha | 0,18 | 0,001 | 0,18 |
| Urbanização | 0,15 | 0,001 | 0,18 |
| Vegetação Intermediária | 0,07 | 0,010 | 0,70 |
| Vegetação Rupestre | 0,05 | 0,010 | 0,70 |
| - | 3,77 | - | - |

As práticas conservacionistas (fator P) foram associadas às classes de uso do solo. Estas práticas comumente são consideradas inexistentes para estudos de erosão de grandes áreas devido às incertezas das formas de uso do solo, o que é possível apenas por verificação *in loco*. Diversos trabalhos adotam este fator como a unidade correspondente ($P = 1$), a exemplo

de Beskow et al. (2009) e Coutinho (2010). Os valores foram adotados considerando a declividade de 25% e a média entre plantio em contorno e morro abaixo. Classes consideradas nulas (corpos hídricos, rocha e urbanização) adotaram o valor de terraço (0,18).

O mapa de perdas de solo (ton/ha/ano) foi gerado a partir da confrontação das informações dos fatores da EUPS (Figura 3-B), sendo os principais valores mínimo (0,0), média (18,65) e máximo (306,17). Percebe-se a influência do fator C nas perdas de solo, onde os menores valores se relacionam a espacialização das áreas de florestas, corpos hídricos e pavimentação do solo. As maiores perdas evidenciam a combinação das áreas descobertas e de solo exposto (pastagens e culturas cíclicas) com os maiores índices de LS. Os valores de distribuição espacial das classes de erosão constam na Tabela 4.

Tabela 4: Distribuição das perdas de solo para a BHCI.

| Classe (ton/ha/ano) | Área (km ²) | Área (%) | Acumulado |
|---------------------|-------------------------|----------|-----------|
| 0,0 - 2,5 | 1,65 | 43,77 | 43,77 |
| 2,0 - 5,0 | 0,23 | 6,10 | 49,87 |
| 5,0 - 10,0 | 0,35 | 9,28 | 59,15 |
| 10,0 - 15,0 | 0,23 | 6,10 | 65,26 |
| 15,0 - 20,0 | 0,19 | 5,04 | 70,30 |
| 20,0 - 50,0 | 0,65 | 17,24 | 87,54 |
| 50,0 - 100,0 | 0,36 | 9,55 | 97,09 |
| 100,0 - 200,0 | 0,09 | 2,39 | 99,47 |
| >200 | 0,02 | 0,53 | 100,00 |
| - | 3,77 | 100,00 | - |

Corpos hídricos e áreas impermeabilizadas (rocha e urbanização) influenciaram os baixos valores de forma pontual, o que pode ser notado pela conformidade linear de baixos valores de erosão (0-2,5) nos trechos pavimentados por rodovias. Todavia estas áreas pavimentadas não influenciaram a análise de entorno devido à delimitação precisa das classes. Oliveira et al. (2014) compararam perdas de solo entre estradas florestais, campo nativo e plantios de pinos em diferentes estágios, identificando altas perdas para as estradas (22.000kg/ha⁻¹).

Os experimentos de Dechen et al. (2015) em solo exposto (0%) e solo com cobertura vegetal (90%) registraram redução de perdas de água (51,97%), solo (54,44%) e matéria orgânica (54,89%) nas porções cobertas. Coutinho (2010) registrou redução 67,5% de perdas de solo na bacia do Rio da Prata (Castelo-ES) com a adoção de áreas de preservação permanente, sendo 85,4 ton/ha/ano (uso real do solo) e 27,5 ton/ha/ano (respeito às APP). Estas informações demonstram a importância da cobertura vegetal para mitigação de impactos decorrentes da erosão. Santos et al. (2015) adotaram o critério de classificar como críticas as áreas de perdas >12,5 ton/ha/ano, a qual abrange 9,47% da área de estudos (347ha). Com base neste critério, verificou-se que as áreas da BHCI de perdas >12,5 ton/ha/ano representam 37,67% da área, o que é considerado bastante significativo.

A classe de menor valor de erosão (0-2,5) é a maior frequência de perda de solo por área (43,77%), o que pode ser entendido como um fator favorável a adoção de práticas de conservação, ocorrendo nas áreas preservadas e de pouca interferência humana. Em seguida destaca-se a classe de perdas entre 20-50 (17,24% da área) na porção centro-oeste devido aos valores de LS, C e P, o que se justifica pela intervenção humana nas áreas planas. No sentido centro-leste da bacia notam-se os maiores valores de LS, porém uma redução da erosão por influência dos fatores C e P, o que pode ser justificado pela declividade acentuada e ocorrência de afloramentos rochosos, dificultando o acesso e ocupação humana. Beskow et al. (2009) verificaram que a classe de menor ocorrência (0-2,5) abrangia a maior porção da bacia

analisada (42,83%), enquanto as maiores perdas (>500) eram ocorrências pontuais (1,15%), associadas a trechos de solo exposto e alta declividade.

Diante a simulação de perdas de solo para a BHCI, entende-se que o uso do solo deve adotar práticas conservacionistas e com respeito à legislação. Tais medidas são necessárias para a manutenção e oferta de solo e água, tendo em vista que as atividades e subsistência humanas dependem diretamente destes recursos.

4. Conclusões

Foi realizada em ambiente de SIG a espacialização das perdas de solo para a bacia hidrográfica do Córrego Itabira (BHCI). A Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) foi a metodologia adotada para atingir os objetivos propostos. Dados gerados por mapeamento temático representaram os fatores que influenciam a erosão.

A manipulação de dados espaciais digitalizados pode contribuir para gestão de áreas. Nesta simulação de perdas de solo verificou-se que a BHCI é mais suscetível nos trechos que ocorrem intervenção humana e maior gradiente topográfico. Ações que contemplem a sustentabilidade ambiental e a preservação de solo e água se fazem necessárias.

Referências Bibliográficas

- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do Solo**. 5ª Edição. São Paulo: Ícone, 2005.
- Beskow, S. (et al.). Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, n.79, p. 49-59, 2009.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamentos dos Recursos Naturais - Folha SF 23-24; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso potencial da Terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.
- Coutinho, L.M. **Impacto das áreas de preservação permanente sobre a erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo-ES**. 2010, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Jerônimo Monteiro: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUFES), 2010.
- Coutinho, L.M. Mapeamento de uso do solo e Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do Córrego Itabira, Cachoeiro de Itapemirim-ES. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE
- Dechen, S.C.F. (et al). Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 2, p.224-233, 2015
- Hernani, L.C. (et al.). A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V. (Org.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002. P.47-60.
- Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). **Ortofotomosaicos 2007/2008 e 2012/2015**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br>>
- Moreira, M.C. (et al.). Programa computacional para estimativa da erosividade da chuva no Espírito Santo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 20, n. 4, p. 350-356, 2012.
- Oliveira, L.C. de. (et al.). Erosão hídrica em plantio de pinus, em estrada florestal e em campo nativo. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 44, n. 2, p. 239 - 248, abr. / jun. 2014.
- Oliveira, P.T. (et al.). Estimativa do fator topográfico da USLE a partir de três algoritmos. **Ambi-Água**, v.5, n.2, p.217-225, 2010.
- Santos, D.B.O. (et al.). RUSLE para Determinação da tolerância de perda de solo. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 4, p. 78-83, 2015
- Silveira, A.L.L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (et al). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ª edição. Porto Alegre: UFRGS, 2004.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, USDA, 1978. 58 p. (Agricultural Handbook, 537).