

CENÁRIOS DE PERDAS DE SOLOS POR EROÇÃO D DIFERENÇAS ENTRE O ANTIGO E O NOVO CÓDIGO FLORESTAL

SCENARIOS FOR LOSS OF SOIL EROSION IN RELATION TO THE DIFFERENCES BETWEEN THE OLD AND THE NEW FOREST CODE.

Bruno Schultz¹, Moisés Pereira Galvão Salgado¹, Kleber Trabaquini¹, Thiago Batista dos Santos¹, Marcos Adami¹, Antônio Roberto Formaggio¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 - São José dos Campos, SP, Brasil, {schultz, salgado, kleber, batista, adami, formag}@dsr.inpe.br

RESUMO

Algumas mudanças do antigo (1965) para o novo Código Florestal (2012) terão como consequência principalmente o tamanho das Áreas de Preservação Permanente. Como existe uma forte relação entre a quantidade de cobertura vegetal presente numa área e as perdas de solos por erosão, o presente trabalho tem como objetivo estimar via o modelo USLE (Equação Universal de Perdas de Solos por erosão hídrica), como deverão ser diferentes cenários de erosão para diferentes larguras de APP em torno dos rios da Bacia do Alto do Rio Verde - MT, utilizando geotecnologias e considerando as mudanças das normativas do Código Florestal Brasileiro. As APP's foram simuladas em faixas de 15, 30, 100 e 430 metros em torno dos rios, tendo a finalidade de variar o fator cobertura do solo da USLE e diferentes cenários foram avaliados. De acordo com os resultados da USLE, APP's com 15 metros, tiveram aumento de 739,70 % em perdas de solo por erosão comparando com o uso e ocupação de 2010. Além de que, o uso da APP somada a Reserva Legal, como é proposto pelo novo Código, é outro fator que tende a aumentar as perdas de solos, em virtude da redução substancial da cobertura florestal proposta pela nova normativa.

Palavras-chave: USLE, Cobertura florestal, Bacia do Alto do Rio Verde - MT, código florestal brasileiro.

ABSTRACT

Some changes from the old (1965) for the new Forest Code (2012) will result primarily the size of the Permanent Preservation Areas. As there is a strong relationship between the amount of vegetation present in an area and the loss of soil by erosion, this study aims to estimate the model via the USLE (Equation Universal Soil Loss by erosion), but must be different scenarios erosion for different widths of APP around the rivers of the Basin of Alto Rio Verde - MT, using geo and considering the changes of the Brazilian Forest Code regulations. The APP were simulated in tracks 15, 30, 100 and 430 meters around the rivers, having the purpose of varying the soil cover factor USLE and different settings were evaluated. According to the results of the USLE, APP's 15 meters, had an increase of 739.70% in soil loss by erosion compared to the use and occupation of 2010. Besides that, the use of APP plus the legal reserve, as proposed by the new Code, is another factor that tends to increase soil losses due to the substantial reduction of forest cover by the proposed new rules.

Keywords: USLE, Forest cover, Basin of Alto Rio Verde - MT, Brazilian forest code

INTRODUÇÃO

Antes mesmo do advento da Constituição de 1988, normas legais haviam sido implementadas e estabeleciam restrições administrativas ao direito de propriedade, visando exatamente resguardar o interesse maior da coletividade e o direito difuso da população de conviver num ambiente ecologicamente equilibrado. O Código Florestal, criando as figuras da Área de Preservação Permanente (APP) e da Reserva Legal (RL), é uma destas normas, cuja importância e observância mostram-se não apenas necessárias, mas essencialmente estratégicas para a garantia de um desenvolvimento equilibrado e sustentável para a nação brasileira.

Desde o início desta implementação, a não observância das normativas legais fez com que propriedades rurais localizadas numa mesma bacia hidrográfica (macro-bacia) suprimissem a vegetação além do permitido na bacia, isto é, de acordo com a propriedade rural. Com a proposição de um novo Código Florestal, algumas mudanças deverão causar a diminuição da faixa de APP em torno dos rios em 50 % para pequena propriedade, contabilização da APP em relação ao leito normal dos rios e quantificação da APP à RL para resultar na obrigatoriedade de RL por propriedade, tudo isso gerando cenários de redução da vegetação natural ainda restante.

Deste modo, como existe uma forte relação entre cobertura vegetal e perdas de solos por erosão, uma das grandes indagações é se a supressão de remanescentes florestais poderá acarretar aumentos significativos nas perdas de solo por erosão, com consequências ambientais indesejáveis.

Para estimar a quantidade de solos perdida usando modelagem ambiental e técnicas de geoprocessamento, pesquisadores utilizam um modelo que faz o balanço anual de perda de solo por hectare por ano em determinada bacia hidrográfica. O modelo denominado Universal Soil Loss Equation (USLE) (WISCHMEIER e SMITH, 1965; 1978) consiste em uma equação desenvolvida empiricamente para estimar a quantidade média de solos transportados em função do processo de erosão hídrica (SALGADO *et al.*, 2011), sendo a USLE constituída, originalmente, por seis fatores que consideram as características do clima (R - erosividade da chuva), dos solos (K - erodibilidade), do relevo (L - comprimento da vertente e S - declividade), do uso e cobertura do solo (fator C) e das práticas conservacionistas (fator P) numa área de interesse. Por outro lado, os sistemas geográficos de informações, como o SPRING (CÂMARA *et al.*, 1996), possuem ferramentas adequadas a adquirir, armazenar, recuperar e transformar informações espaciais, como as que compõem o modelo USLE, sendo este modelo amplamente utilizado na avaliação de perdas de solos por erosão, conforme SILVA (2004).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo calcular a perda de solo por erosão por meio da USLE, para diferentes cenários: (1) faixa de 15 metros de APP em torno dos rios, (2) Faixa de 30 metros em torno dos rios, (3) faixa de 100 metros em torno dos rios, (4) faixa de 430 metros em torno dos rios e (5) uso e ocupação de 2010; visando fornecer subsídios quanto às consequências das mudanças que deverão ocorrer em função das normativas de um novo Código Florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia do rio Verde está localizada no centro do Estado do Mato Grosso, ao norte de Cuiabá, abrange oito municípios, sendo que alguns possuem sua área localizada totalmente na bacia, e outros apenas parcialmente. Sua área de drenagem é de 78.984 km² e está localizada entre as latitudes de 12° 22'S e 13°22'S, e as longitudes de 55°30'W e 55°25'W de Greenwich (Figura 1), que conta com uma população total de aproximadamente 229.700 habitantes (IBGE, 2012). Seus afluentes de maior influência são o rio Branco e o ribeirão Ranchão (ANA, 2012).

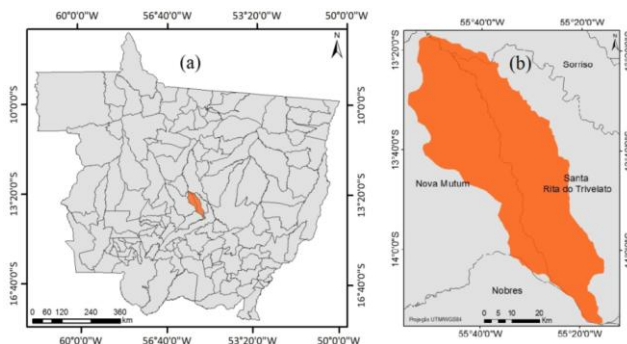


Figura 1. Bacia do Alto do Rio Verde, localizada nos municípios de Nova Mutum, Nobres, Santa Rita do Trivelato e Sorriso, Mato Grosso.

O Rio Verde percorre estimados 520 quilômetros, num rumo ao norte sempre acompanhando o curso do vizinho Teles Pires. É o afluente mais importante do rio Teles Pires pela margem esquerda, somente ultrapassado em tamanho pelo Juruena que, ao se juntar ao Teles Pires no extremo norte de Mato Grosso, forma o rio Tapajós, um dos principais afluentes da margem direita do rio Amazonas (ANA, 2012).

O solo do entorno é composto por latossolos vermelho-amarelados com fertilidade natural baixa, mas que responde muito bem à calagem e adubação. O relevo é plano, com ondulações à beira do rio (EMBRAPA SOLOS, 2012). O rio nasce em região de cerrado e depois cruza o bioma de floresta amazônica. A vegetação nativa no entorno do rio alterna-se em matas abertas e fechadas, às vezes cercadas por várzeas e cerrado no alto Verde. O clima é tropical úmido, com temperatura média ao redor de 26°C e 2.000 milímetros de chuvas. A estação chuvosa vai de outubro a abril e a seca, de maio a setembro (EMBRAPA SOLOS, 2012).

Foram utilizadas imagens do sensor TM do satélite LANDSAT do ano de 2010, obtidas nas órbitas 226 e pontos 69 e 70. Estas duas imagens continham todas as informações de uso de ocupação do solo presente na bacia.

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido nos softwares SPRING 5.2 e TERRA VIEW 4.2.0, ambos disponibilizados pelo Departamento de Processamento de Imagens (DPI) do INPE. Além deles, foi utilizado o ENVI 4.7 para realizar o registro das imagens TM do satélite LANDSAT.

Um banco de dados foi montado de acordo com a aquisição de shapes da rede hidrográfica (nascentes e hidrografia), conforme obtida no site da ANA (Agência Nacional das Águas), do SRTM obtido do site da USGS (United States Geological Survey), da imagem Landsat TM foi adquirida do acervo de imagens do site do INPE e do mapa de solos adquirido no site da Embrapa Solos. Os limites de bacia e subbacias foram adquiridos sobre o modelo digital de terreno SRTM.

Para início das operações no programa SPRING, utilizando a imagem já geocodificada, foi obtido o retângulo envolvente da área. Após isso, todos os planos de informação (PI's) foram importados de acordo com a imagem registrada para o DATUM de referência SIRGAS 2000. O painel de controle do SPRING foi sendo ativado ao proceder a importação dos dados vetoriais e matriciais, definido desta forma: (A) Limites (bacia e subbacias), (B) LANDSAT (composição colorida), (C) Solos, (D) SRTM e (E) Drenagem (nascentes e hidrografia). A partir do limite de macrobacia, foi realizado um recorte em todos os PI's citados acima, com o objetivo de otimizar a quantidade de informações no decorrer do processamento dos dados.

A partir da imagem TM, foi realizada uma classificação supervisionada da imagem Landsat, via software SPRING. Para isso contou-se com as informações fornecidas por um intérprete que já esteve na área, para analisar a acurácia do mapa e julgar se as classes de vegetação estavam corretas ou não.

O passo seguinte foi determinar buffers de diferentes larguras em torno da hidrografia e nascentes. Para isso, foi adicionado mais um PI (APP) ao banco de dados. Dentro deste PI, foram fatiados quatro mapas de distância: 15 metros, 30 metros, 100 metros e 430 metros. (A) 15 metros - novo código florestal, (B) 30 metros - antigo código florestal, (C) 100 metros - exigência dos ambientalistas e (D) 430 metros - toda área quantificada em 2010, em forma de APP em torno dos rios. Após isso, os dados vetoriais de APP foram transformados em matriciais com resolução de 15x15 m em x e y. Em seguida, cada APP foi "recuperada" no programa LEGAL, para transformação dos dados matriciais em numéricos e definição do FATOR C (cobertura do solo) da USLE.

De acordo com a variação das faixas de APP simuladas para o fator C, foram definidos pesos para cada tipologia florestal presente na área, estes pesos foram definidos como: Floresta Estacional - 0,00774 (MAEDA, 2008), Contato Savana/Floresta Ombrófila - 0,0006 (COSTA *et al.*, 2005), Savana Arborizada (Cerrado) - 0,08523 (MAEDA, 2008).

Assim como para o FATOR C, o FATOR K foi definido de acordo com as classes de solos presentes na área, uma vez que cada tipo de solo possui um "K" específico. Para isso foram utilizados valores de K para: Latossolo Vermelho Escuro distrófico (0,08) e Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (0,09), conforme

recomendado por (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Foi utilizado o programa LEGAL para geração de mapas numéricos a partir do mapa temático de solos, obtendo resolução matricial de 15x15 m em x e y.

A partir dos shapfiles do SRTM, foram calculados os FATORES LS pelo programa LEGAL. O processo de interpolação dos dados altimétricos para a geração da grade regular que caracteriza a superfície do MDE (modelo digital de elevação) exerce grande influência na análise das características topográficas do terreno, por isto deve ser realizado de acordo com a estrutura do dado altimétrico a ser interpolado (SALGADO *et al.*, 2012). Foi utilizada a metodologia do vizinho local para geração da grade de altimetria. Assim, dada a uma matriz 3 x 3 com valores de altitude „Z“, as variáveis topográficas com base nos valores de altitude da vizinhança.

Para cálculo do fluxo de escoamento superficial diferentes algoritmos podem ser empregados para a modelagem da distribuição do fluxo. Estes se diferenciam em algoritmos de fluxo simples, que transferem todo o fluxo acumulado para apenas uma célula vizinha, e algoritmos de fluxo composto que permitem distribuir o fluxo acumulado para mais de uma célula vizinha (DESMET e GOVERS, 1996).

O algoritmo utilizado para cálculo do FATOR LS, foi o Deterministic 8 (D8) apresentado por O'CALLAGHAN e MARK (1984). É um algoritmo de fluxo simples e, por isto, todo o fluxo acumulado em determinado ponto é transferido para apenas um entre os oito pontos da vizinhança. A direção de fluxo é calculada empregando uma máscara 3 x 3 que atribui, ao ponto analisado, um valor convencionado (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128) referente à direção do ponto vizinho de menor altitude e maior gradiente de declividade (SALGADO, 2011)

Após a obtenção das grades de declividade e fluxo de escoamento superficial, foi utilizada as seguintes fórmulas em LEGAL para obtenção das grades regulares do FATOR S (equação 1) definida por (RENARD *et al.*, 1997) e FATOR L (equação 2) definida por (MOORE e WILSON, 1992).

$$S = 10,8 \operatorname{sen}(\theta) + 0,03 \quad (1)$$

$$L = (ACM/22,13)^{0,5} \quad (2)$$

Onde:

$L * S$ = Fator topográfico; θ = ângulo de declividade e ACM = Fluxo acumulado.

Existem diferentes fórmulas para calcular o fator S com base no ângulo de declividade (MC COOL *et al.*, 1987), no entanto a Equação 1 é diferenciada por adequar-se à modelagem da erosão em áreas de baixa e alta declividade (RENARD *et al.*, 1997).

Com base na teoria de energia do fluxo (YANG, 1984), foi desenvolvido um fator L adequado à modelagem da influência da forma do relevo sobre o escoamento superficial, utilizando a área de captação específica (A_s) em substituição à variável comprimento de rampa (λ) (MOORE e WILSON, 1992).

Após a definição dos fatores C (cobertura do solo), K (tipo de solo) e $L * S$ (fator topográfico), foram também definidos os fatores R (clima) e P (práticas conservacionistas). Para definição do FATOR R, foram adquiridos dados de precipitação dos últimos 25 anos da área em questão (1985 a 2010). A partir destes dados foi calculada média para cada período e a média para toda a série histórica (11860,33170 mm). O FATOR P foi igual a 1, pelo fato de não haver práticas conservacionistas para o solo na área de estudo, isto é, quanto menor o P, maior será o uso de técnicas agrícolas que contribuem para a diminuição da perda de solos.

Definidos todos os fatores para USLE, por meio do LEGAL foi realizada álgebra de mapas para representar a equação 3. De acordo com os diferentes fatores C calculados, foram obtidos cinco diferentes resultados para a USLE da bacia: (1) Uso 2010, (2) USLE 15m, (3) USLE 30m, (4) USLE 100m e (5) USLE 430m (Figura 7).

$$USLE = R * K * L * S * C * P \quad (3)$$

RESULTADOS

Para análise da perda de solos para cada fator C encontrado, foram gerados os mapas da Figura 2. Observa-se que, quanto maior a faixa de cobertura florestal sobre a superfície da bacia (APP's), menor é a perda de solo calculada pela Equação Universal de Perda de Solo. Isto ocorre pelo fato de que os fatores C variaram de 0,0007 (floresta estacional) á 0,09 (contato cerrado/floresta ombrófila), e ao se gerar um PI numérico como estes valores, o valor da USLE diminui em áreas florestadas.

MAEDA (2008) comenta que áreas de Formação Pioneira e as Florestas Estacionais Aluviais são classes valores de C muito pequenos, indicando a baixa suscetibilidade à erosão das mesmas. De acordo com o mesmo autor, as classes de Pasto e Culturas temporárias apresentaram um grande contraste quando comparadas aos demais usos e coberturas da área de estudo, sendo o valor de C atribuído a elas de 0,005 e 0,2, respectivamente.

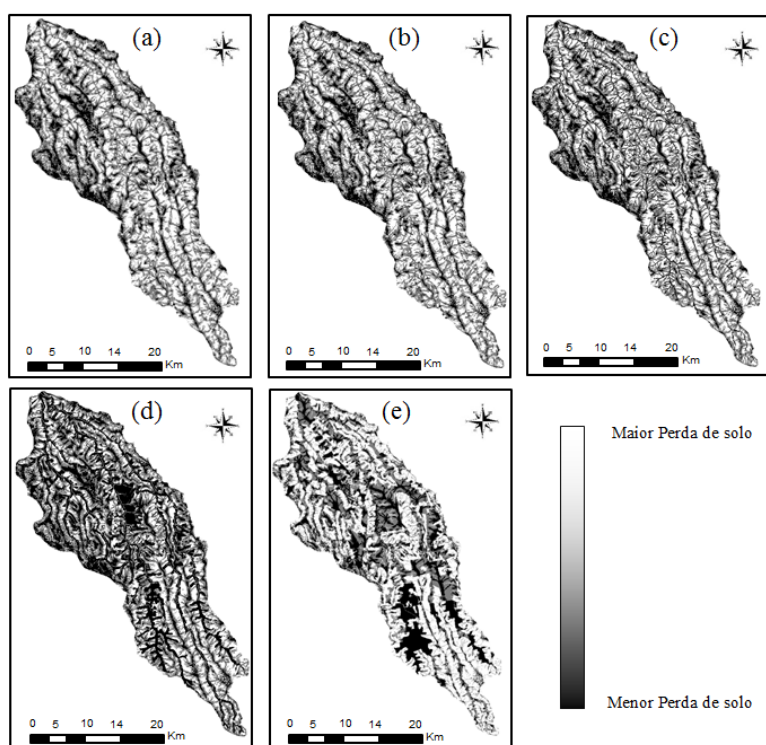


Figura 2. 2.a) USLE para bacia do Rio Verde, onde o Fator C varia com cobertura florestal de 15 metros em torno dos rios. 2.b) USLE para bacia do Rio Verde, onde o Fator C varia com cobertura florestal de 30 metros em torno dos rios. 2.c) USLE para bacia do Rio Verde, onde o Fator C varia com cobertura florestal de 100 metros em torno dos rios. 2.d) USLE para bacia do Rio Verde, onde o Fator C varia com cobertura florestal de 430 metros em torno dos rios. 2.e) USLE para a bacia do Rio Verde, onde o Fator C é igual ao mapa de uso e ocupação correspondente ao ano de 2010.

Mais ao sul da bacia ocorre um predomínio da tipologia contato savana/floresta ombrófila. Desta forma observa-se que mais ao sul das imagens da Figura 2, é notório o predomínio de áreas mais claras, que podem ser associadas a maior perda de solo. Além disso, é possível observar na Figura 3.a, 3.b, 3.c e 3.d que nesta mesma área da bacia (sul) há predomínio de bacias de coloração mais avermelhada. Esta cor está associada a maior perda de solo pela microbacia.

A eficácia da cobertura do solo pelo dossel das plantas na interceptação das gotas de chuva depende basicamente da densidade foliar da copa. A maior parte das gotas interceptadas pela copa pode readquirir velocidade e precipitar sobre a superfície, dependendo principalmente da altura da copa. Portanto, a cobertura pelo dossel não reduz a capacidade da enxurrada em causar erosão. A cobertura em contato direto com a superfície do solo, por outro lado, é mais eficaz na redução da erosão do que a cobertura pela copa, já

que a energia cinética das gotas de chuva é dissipada ao atingir o resíduo sobre a superfície, sendo reduzida, ainda, a velocidade da enxurrada e aumentada a infiltração (BOX e BRUCE, 1995). Quando ocorre ausência de material orgânico sobre o solo ou cobertura foliar, a energia cinética das gotas de chuva faz com que a velocidade da enxurrada seja maior, conseqüentemente ocorrerá uma maior quantidade de sedimentos carregados para dentro do rio (BERTOL *et al.*, 1997). Observa-se que a maior quantidade de áreas de coloração clara na Figura 2 é resultante do processo de carregamento de sedimentos pelo aumento da velocidade das gotas de água, em decorrência a redução da cobertura florestal prevista pelo novo código florestal brasileiro.

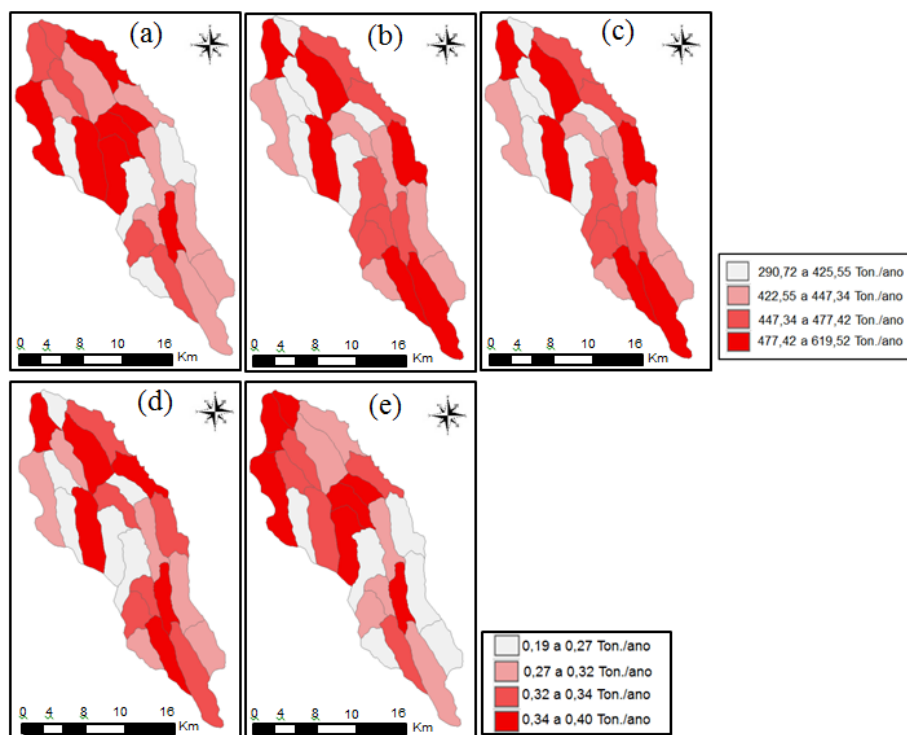


Figura 3. 3.a) Perdas de solo por subbacia de acordo com 15 metros de APP em torno dos Rios. 3.b) Perdas de solo por subbacia de acordo com 30 metros de APP em torno dos Rios. 3.c) Perdas de solo por subbacia de acordo com 100 metros de APP em torno dos Rios. 3.d) Perdas de solo por subbacia de acordo com 430 metros de APP em torno dos Rios. 3.e) Perdas de solo por subbacia de acordo com uso do solo de 2010.

Como mostra a Figura 3, ocorreu um grande aumento da perda de solo ao manter apenas 15, 30 e 100 metros de APP ao longo dos rios em comparação ao uso de 2010 e 430 metros de faixa florestada ao longo dos rios. Ao variar de 15 a 100 metros de mata ciliar, não é notório a diferença para análise por subbacia, isto é, quase todas as subbacias (Figura 3.a, 3.b e 3.c) se apresentam inalteradas para perda de solo. Notamos que a USLE, para estas condições de avaliação, se mostrou igual para quase todas as subbacias ao variar 15 a 100 metros de margem dos rios. Isto mostra que a variação da faixa de mata ciliar para mais (100 metros) ou para menos (15 metros) do exigido hoje pelo código florestal, não tem influência sobre os resultados da USLE. As principais funções da Área de Preservação Permanente são: a) preservar os recursos hídricos, b) preservar a paisagem, c) preservar a estabilidade geológica, d) preservar a biodiversidade, e) preservar o fluxo gênico da fauna e flora, f) proteger o solo e g) assegurar o bem-estar das populações humanas (CFB, lei 4.771/65). Vemos que tanto a exigência dos ambientalistas (100 metros de floresta em torno dos rios), quanto à exigência dos ruralistas (15 metros em torno dos rios) não afeta diretamente a preservação de solo, uma das funções da APP.

Para o mapa de uso e ocupação de 2010 e 430 metros em torno dos rios, a bacia perde menos de meia tonelada de solo por ano (Figura 4). Com a mudança do código florestal, ao se for mantida uma faixa de mata ciliar no total de 15 metros contabilizada a partir do leito normal dos rios, sem levar em consideração as

faixas de mata ciliar obrigatória pelo código de 1965 em torno do leito de cheia dos rios, pode ocorrer um aumento médio de 739,70 % em perdas de solo por erosão e lixiviação. Este valor está contabilizado em função da APP e não soma a reserva legal, outra variável que pode contribuir para diminuição da perda de solos.

A Reserva Legal tem como objetivo uma dimensão maior de proteção, uma vez que mantém a biodiversidade, de importância para o equilíbrio do clima da região, conserva as espécies ameaçadas de extinção, tanto animais como florestais. Enfim, garante reservas de água, solo, flora e fauna para as futuras gerações, mantendo um balanço positivo entre a atividade humana e o ambiente onde esta atividade é desenvolvida (CFB, lei 4.771/65). Com os resultados da USLE vemos que além de todas estas funções descritas pelo código florestal para a RL, outra implicaria em proteção de solos, visto que ocorreu diminuição da USLE para o uso e ocupação de 2010 em comparação a mesma quantidade de área apenas em torno dos rios (Figura 4).

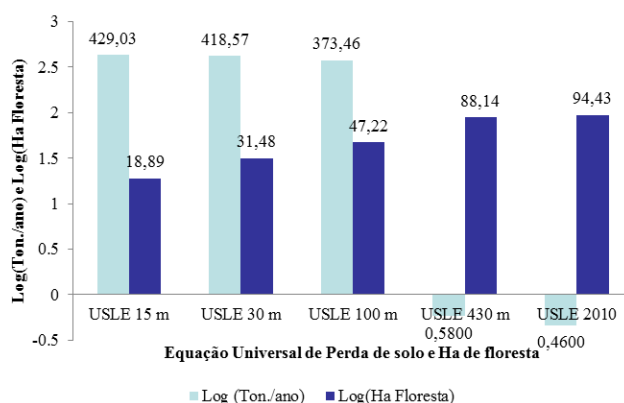


Figura 4. Equação Universal de Perda de Solo de acordo com a mudança na cobertura florestal da bacia. Os dados estão expressos em Log para facilitar o entendimento da escala no gráfico.

A perda de solo na ordem de 400 t/ha.ano (Figura 5) é termos absolutos, um valor muito alto em comparação aos resultados encontrados na literatura, que também utilizaram formas empíricas para estimar esta variável. Para (MAEDA, 2008) as mudanças mais significativas de perda de solo bacia do rio Suiá-Miçu, ocorreram no período entre 1984 e 2005, na região central da bacia com 4 e 7 t/ha.ano aproximadamente. As regiões nordeste e leste da bacia também obtiveram aumentos expressivos na produção de sedimentos entre 1984 e 2005, variando entre 1,5 e 4 t/ha.ano. O autor utilizou a EUPS (Equação Universal de Perda de Solo), que considera outras variáveis para estimar a quantidade de sedimentos carregados ao rio comparado a USLE, deste modo a comparação dos resultados deve ser criteriosa, levantando-se todos os fatores que podem diferenciar os resultados comparativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Como elemento de investigação prospectiva, a aplicação da USLE mostrou-se procedente, embora permaneça a questão de este modelo estar restrito uma avaliação semiquantitativa dos processos de perda de solos e apresentar restrições/limitações intrínsecas a sua estrutura.
- A abordagem recomenda a constituição de aprofundamento dos procedimentos adotados neste estudo, para posterior derivação dos dados a partir de modelos analíticos de estrutura matemática mais robusta. A aplicação desses modelos, todavia, requer um refinamento da base de dados e, sobretudo, o detalhamento de um plano experimental que permita: (1) validação dos resultados e (2) inserção efetiva das informações derivadas no âmbito da reformulação do código florestal.
- Os resultados da USLE comprovaram que para a Bacia do Alto do Rio Verde, a redução da mata ciliar (APP) proposta pelo Novo Código Florestal, pode aumentar a perda de solo e contribuir para o assoreamento dos rios, se comparado com a situação atual do Código Florestal Brasileiro.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Região Hidrográfica Amazônica. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx>. Acesso em: 18 maio 2012.
- BERTOL, I. *et al.* Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 28, p. 369-375, 2004.
- BOX, J.E.; BRUCE, R.R. The effect of surface cover on infiltration and soil erosion. In: *Soil erosion, conservation, and rehabilitation*. Menachem Agassi, New York, 402 p., 1995.
- CÂMARA G.; SOUZA R.C.M.; FREITAS U.M.; GARRIDO J. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". *Computers e Graphics*. v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- DESMET, P.J.J.; GOVERS, G. Comparison of routing algorithms for digital elevation models and their implications for predicting ephemeral gullies. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 10, n. 3, p. 311-331, 1996.
- EMBRAPA SOLOS. Mato Grosso. Disponível em: http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos/arvore/CONTAG01_11_4112005181517.html. Acesso em: 18 maio de 2012.
- FREDRIKSEN, R.L. Erosion and sedimentation following road construction and timber harvest on unstable soils in three small western Oregon watersheds. USDA. Forest Service. PNW research paper, Berkeley v. 104. p. 1-15, 1970.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Bacia hidrográfica: Alto do Rio Verde. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=150060>. Acesso em: 18 maio 2012.
- MAEDA, E.E. Influência das mudanças do uso e cobertura da terra no escoamento superficial e produção de sedimentos na região da Bacia do Alto Rio Xingu. 102 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 2008.
- MC COOL, D.K. *et al.* Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, v. 30, p. 1387-1396, 1987.
- MOORE, I.D.; WILSON, J.P. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: simplified method of estimation. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 47, n. 5, p. 423-428, 1992.
- O'CALLAGHAN, J.F.; MARK, D.M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, v. 28, p. 323-344, 1984.
- OLIVEIRA *et al.* Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.
- RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; MCCOOL, D.K.; YODER, D.C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation. Washington: USDA, 1997. 384p. (Agriculture Handbook n. 703).
- SALGADO, M.P.G. Avaliação dos dados SRTM e GDEM aplicados a modelagem do fator topográfico de USLE. 123 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 2011.
- SALGADO, M.P.G. *et al.* Avaliação dos dados SRTM aplicados a modelagem do fator topográfico da USLE. *Revista Brasileira de Cartografia (RBC)*. n. 64, no prelo, 2012.

SILVA, V.C. Estimativa da erosão atual da bacia do Rio Paracatu (MG, GO, DF). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 34, n. 3, p. 147-159. 2004.

VERSFELD, D.B. Overland flow on small plots at the Jonkershoek Forestry Research Station. *South African Forestry Journal*, Pretoria, v. 119, p. 35- 40, 1981.

YANG, C.T. Unit stream power equation for Gravel. *Journal of Hydraulic Engineering*, v. 110, n. 12, p. 1783-1797, 1984.