

Estimativa de perda de solo por erosão hídrica utilizando técnicas de geoprocessamento na bacia do rio Cedro/MG

Nayara Paula Andrade Vieira¹
Felipe Bernardes Silva¹
Cristina Rodrigues Nascimento²
Edson de Oliveira Vieira²

¹Graduando (a) Agronomia – Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG/ICA
Av. Universitária, nº1000, Bairro: Universitário–Montes Claros–MG, Brasil
{nayara_pav,felipe_bs_16}@hotmail.com

²Professor (a) do ICA/UFMG
Av. Universitária, nº1000, Bairro: Universitário – Montes Claros – MG, Brasil
{crisrodnas@gmail.com; edsonufmg@hotmail.com}

Abstract. The objective of this study was to determine by means of satellite images Landsat-5/TM soil loss in the Cedro River watershed/MG in the city of Montes Claros, using Equation Universal Soil Loss - USLE. Images were acquired corresponding to the parameters: Erosivity, taking as references climatic data of 27 years in the city Montes Claros, soil erodibility whose classes were obtained from the Soil Map of the State of Minas Gerais, with its respective caption expanded scale of 1:500,000, degree of slope from images TOPODATA/INPE, slope length, use map and land use and conservation practices through unsupervised classification by growing region. These images were crossed generating a final map to estimate soil loss in the basin, through mathematical operations on the environment LEGAL/SPRING. Soil losses in the basin ranged from 0.034 t ha⁻¹.year⁻¹ to flatter areas with good vegetation cover, to 364.7 t ha⁻¹.year⁻¹ for relief areas with slopes greater than 20%, with little vegetation and no conservation practices. According to the results it is concluded that the Cedro River basin shows areas vulnerable to soil loss by water erosion, showing the associated GIS USLE as an important tool for estimating these losses of soil.

Palavras-chave: satellite imagery, geographic information systems, soil loss equation, imagens de satélite, sistemas de informação geográfica, equação de perda de solo.

1. Introdução

A erosão é o processo de desprendimento e arraste de partículas do solo, e essa perda em bacias hidrográficas ocorre devido a causas naturais que são potencializadas por intervenções antrópicas que causam desequilíbrio nas relações solo-clima-vegetação, promovendo a instabilidade do sistema (Brasil, 1983). Os fatores naturais definem o potencial natural de erosão dos solos, são determinados em função do relevo como declividade e comprimento do declive, intensidade das chuvas, tipos de solo e a sua capacidade de absorver água.

A chuva atua no processo de erosão em função do impacto de suas gotas sobre o solo que caem com velocidade e energia variáveis, sendo potencializadas pela declividade do terreno e o solo irá oferecer resistência impulsionadas por suas propriedades físicas e químicas. Quando tais fatores são associados ao tipo de cobertura vegetal bem como o seu uso, manejo e práticas de conservação a erosão pode se tornar mais ativa, uma vez que a vegetação é a defesa natural do terreno por promover a dispersão da água e proteger do impacto direto das chuvas (Bertoni e Lombardi Neto, 2008).

Bacias com pouca cobertura vegetal intensificam os processos erosivos do solo, promovendo o assoreamento e reduzindo a recarga do lençol freático, uma vez que pode provocar a falta de água nas nascentes nos períodos de seca diminuindo a vazão dos mananciais, que muitas vezes são utilizados pela população local para irrigação, abastecimento de água e desedentação de animais (Tundisi; Tundisi, 2005). Na agricultura a perda de solos promove a diminuição da qualidade do produto pela retirada de nutrientes

necessários ao desenvolvimento da cultura, gerando uma queda na produtividade (Santos e Rosa, 2011).

Sendo assim a predição de perda de solo por erosão é uma importante ferramenta para quantificar a degradação e o impacto ambiental além de ser uma guia no planejamento sistemático de uma bacia (Paiva e Paiva, 2001). Dessa forma estudos visando estimar a intensidade de ação dos principais fatores que influenciam na perda de solo têm sido amplamente usados, associando as equações de perda de solo às técnicas de geoprocessamento (Paes *et al.*, 2010). De acordo com Paiva e Paiva (2001) o modelo de erosão que vem sendo largamente usado é a Universal Soil Loss Equation – USLE que calcula a perda de solo média por longos períodos de tempo ocasionados pela erosão laminar e por sulcos. Tais estimativas vêm sendo facilitadas com o uso do sistema de informação geográfica – SIG que propicia o uso de linguagens de programação e algoritmos (Nery, 2010).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar por meio de imagens de satélite LANDSAT-5/TM a perda de solo na bacia hidrográfica do rio Cedro/MG, através da Equação Universal de Perda do Solo – USLE.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A bacia do rio Cedro/MG esta localizada na região norte do estado de Minas Gerais, compreendendo os municípios de Montes Claros/MG e Coração de Jesus/MG (Figura 1). A nascente encontra-se no distrito de Nova Esperança na comunidade de Buriti do Campo, a 40 km de Montes Claros/MG, na coordenada 16° 42' 24.12" S e 44° 01' 24.12" W, e sua foz na coordenada 16° 39' 51.843" S e 43° 50' 59.124" W. A bacia apresenta uma área de 172 km² e o rio principal tem uma extensão de 25,6 km, apresentando ao longo de seu curso áreas de surgências e insurgências, desaguando a margem esquerda do rio Vieira/MG (Ministério do Exército, 1979). Segundo a classificação de Köppen, a região é do tipo Aw, caracterizada por um clima quente e com chuvas bastante concentradas no verão, ficando assim, meses sem chover.

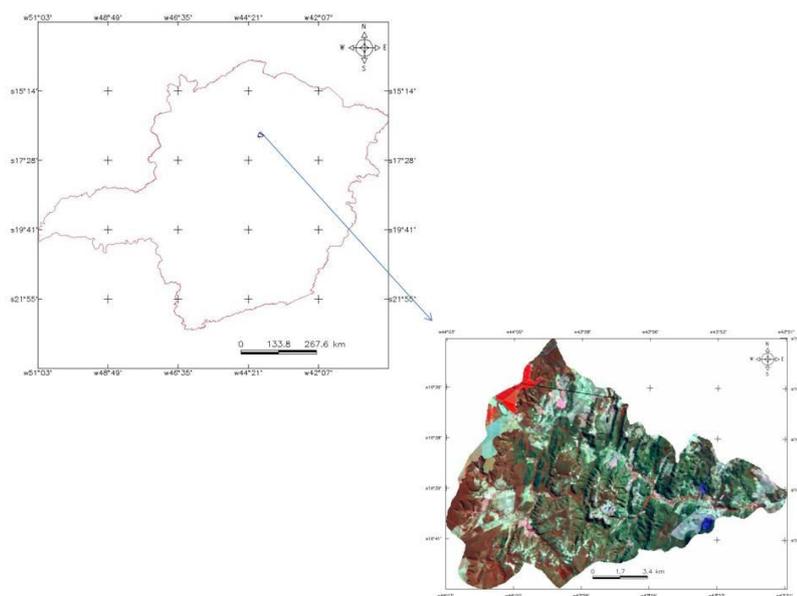


Figura 1. Localização espacial da bacia do rio Cedro no estado de Minas Gerais

2.2 Determinação dos parâmetros da USLE para cálculo de perda de solo com o uso do SIG

O modelo utilizado para a estimativa de perda de solo para a bacia do rio Cedro/MG por erosão laminar, foi a equação universal de perdas de solo USLE – *Universal Soil Loss Equation* (Equação 1), desenvolvida por Wischmeier e Smith (Bertoni e Lombardi Neto, 2008).

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

Onde,

- A – perda de solo calculada por unidade de área, em t.ha⁻¹;
- R – fator chuva, índice de erosão causado pela chuva, MJ.ha⁻¹.mm.ha⁻¹;
- K – fator de erodibilidade do solo (MJ.ha⁻¹.mm.ha⁻¹);
- L – fator comprimento do declive;
- S – fator grau de declive;
- C – fator uso e manejo;
- P – fator prática conservacionista.

Para a obtenção do fator de erosividade (R), foi necessária uma série histórica de 27 anos de dados mensais de precipitação representados pelos anos de 1980 – 1983 e 1989 – 2011 de acordo com a Tabela 1. Os anos de 1984 – 1988 não foram contabilizados, pela falta de dados nesse período. Utilizou-se a metodologia proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2008), para a obtenção do fator de erosividade (R) a qual é expressa pela Equação 2:

$$R = \sum [67,355 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{0,85}] \quad (2)$$

Em que,

- R – índice de erosão causado pela chuva, MJ.ha⁻¹.mm.ha⁻¹;
- p* – precipitação total média mensal (mm);
- P* – precipitação total média anual (mm).

A erodibilidade é a susceptibilidade de um determinado tipo de solo a erosão, para tanto, o tipo de solo da bacia foi obtido pelo o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, com sua respectiva legenda expandida, na escala de 1:500.000 (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010).

Os valores de erodibilidade para os tipos de solo da bacia foram compilados de vários autores, conforme a Tabela 1.

Os fatores L e S são avaliados conjuntamente na equação da USLE, associando a declividade e comprimento de rampa. O mapa LS foi elaborado de acordo com a Equação 3 proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2008).

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

Onde,

- C = Comprimento da rampa em metros;
- D = declive em porcentagem.

O comprimento de rampa foi obtido através da metodologia proposta por Villela e Mattos (1975) de acordo com a Equação 4:

$$L = A/4l \quad (4)$$

Em que,

- L = Fator comprimento de rampa;
- A = área da bacia m²
- l = somatório do comprimento de todos os cursos d'água da bacia (m).

Para a definição do uso e ocupação dos solos fez-se a aquisição das imagem LANSAT5/TM da órbita/ponto 218/71 e 218/72. O arquivo vetorial – shape, de delimitação espacial do município, foi confeccionado a partir de cartas planialtimétricas do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, digitalizadas e georreferenciadas no AUTOCAD® 2010. O processamento das imagens foi realizado no software ENVI 4.2, e

incluiu o georreferenciamento a partir de imagens GeoCover e a geração do mosaico com as duas cenas conforme a metodologia descrita por Padovani *et al.* (2002). O recorte da bacia, correspondente a área estudada, está representada pelas coordenadas geográficas 16° 39' 51.843" S, 43° 50' 59.124" W e 16° 42' 24.12" S e 44° 1' 24.12" W. As imagens foram padronizadas para a projeção UTM e datum WGS-84. Após esses procedimentos fez-se uma composição colorida RGB-453, no software SPRING 5.1.8, e depois fez-se a classificação não supervisionada por crescimento de regiões para se determinar as classes de uso e ocupação do solo. A associação dos valores de C e P para a área em estudo foram definidos segundo dados da Tabela 2.

Tabela 1. Valores de erodibilidade para os diferentes tipos de solo

TIPO DE SOLO	K (t.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)	FONTE
CXbd21	0,0237	Reatto <i>et al.</i> , 2000
LVAAd1	0,0171	Reatto <i>et al.</i> , 2000
LVAAd22	0,0100	Silva <i>et al.</i> , 2000
NXd1	0,0197	Reatto <i>et al.</i> , 2000
NXe2	0,023	Carolino de Sá <i>et al.</i> , 2004

Nota: CXbd 21 – Cambissolo Háplico distrófico típico e léptico A moderado textura média/argilosa, pedregoso/ não pedregoso; LVAAd1 - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico A moderado textura argilosa; LVAAd22 - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico A moderado textura média/argilosa; NXd1- Nitossolo Háplico distrófico típico A moderado textura argilosa; NXe2 – Nitossolo Háplico eutrófico típico e chernossólico A moderado textura argilosa, pedregoso e rochoso.

Tabela 2. Valores de C e P em função de uso e ocupação de solo

CLASSES DE USO DO SOLO	FATOR C	FATOR P	FONTE
VEGETAÇÃO DENSA	0,010	1	Funjihara, 2001
PASTAGENS	0,03000	1	Funjihara, 2001
ÁREA AGRÍCOLA	0,04910	0,5	Funjihara, 2001
AFLORAMENTO	0,0001	1	Funjihara, 2001
SOLO EXPOSTO	1	1	Ribeiro e Alves, 2001

Os mapas correspondentes a cada parâmetro foram cruzados em ambiente LEGAL/SPRING 5.2 obtendo-se o mapa final correspondente a estimativa de perda de solo para toda a bacia.

3. Resultados e Discussão

O valor de erosividade encontrado para a bacia do rio Cedro foi de 6993,77 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo esse valor estimado fora dos limites da bacia pela inexistência de uma estação situada dentro dos limites da mesma, sendo determinado pela estação próxima a foz do rio principal. Como a região norte de Minas Gerais é caracterizada por ter uma pluviosidade concentrada em alguns meses do ano, os maiores valores de erodibilidade encontrados foram para os meses de novembro, dezembro e janeiro (1621,39, 2257,40 e 1336,33 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente).

Os tipos de solo encontrados foram Cambissolo Háplico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo Háplico eutrófico e distrófico (Figura 2). O solo predominante foi o Cambissolo correspondendo a uma área de 11500,16 ha ou 66,58% da área, o Latossolo com uma área de 2369,27 ha (19,09%) e os Nitossolos ocupando uma área de 2475,05 ha (14,33%). Os tipos de

solo que apresentam uma predisposição alta a erosão são o Cambissolo e o Nitossolo eutrófico que juntos correspondem a 79,89% da bacia, já os Latossolos possuem uma baixa susceptibilidade a erosão.

Ao avaliar o relevo (Figura3), percebe-se que esse é muito variável, havendo maior predominância de superfícies onduladas, ocorrendo em 48,62% da bacia, seguido pelo relevo suave ondulado (23,98%), forte ondulado (20,84%), Montanhoso (3,94%), plano (2,62%) e escarpado (0,05%). As áreas na bacia com o relevo mais acidentado contribuíram para os maiores valores de LS que tiveram uma variação de 0,23 a 115. Dessa forma, ao avaliar o mapa LS (Figura 4), percebe-se que a bacia possui uma grande diversidade topográfica, ocorrendo variabilidade nos valores de LS, sendo os menores valores correspondentes a superfícies mais suaves e os altos valores a superfícies mais declivosas.

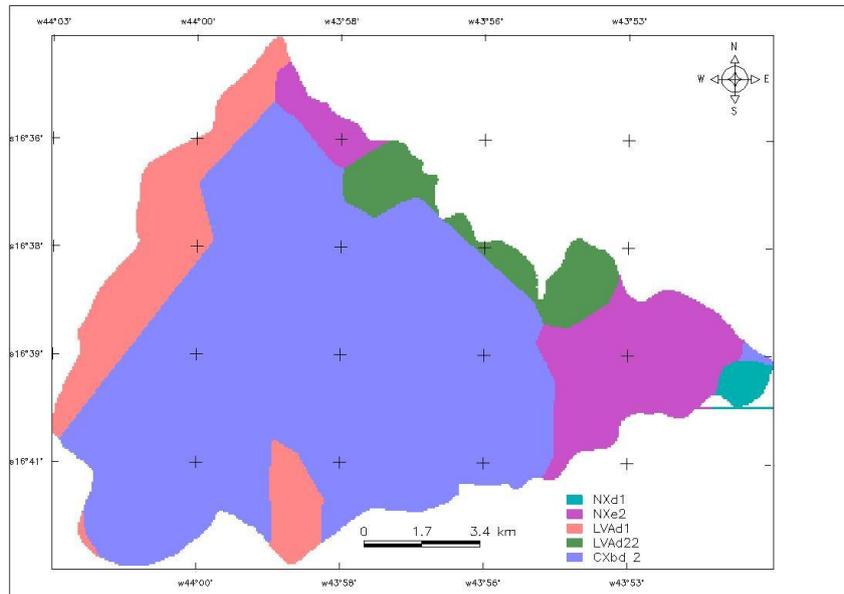


Figura 2. Mapa do tipo de solo da bacia do rio Cedro/MG.

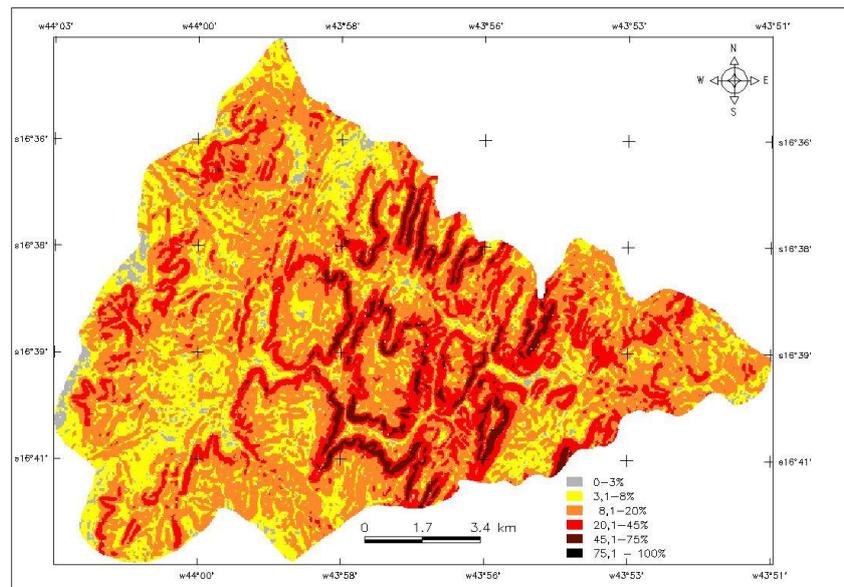


Figura 3. Mapas das Classes de Declividade da bacia do rio Cedro/MG.

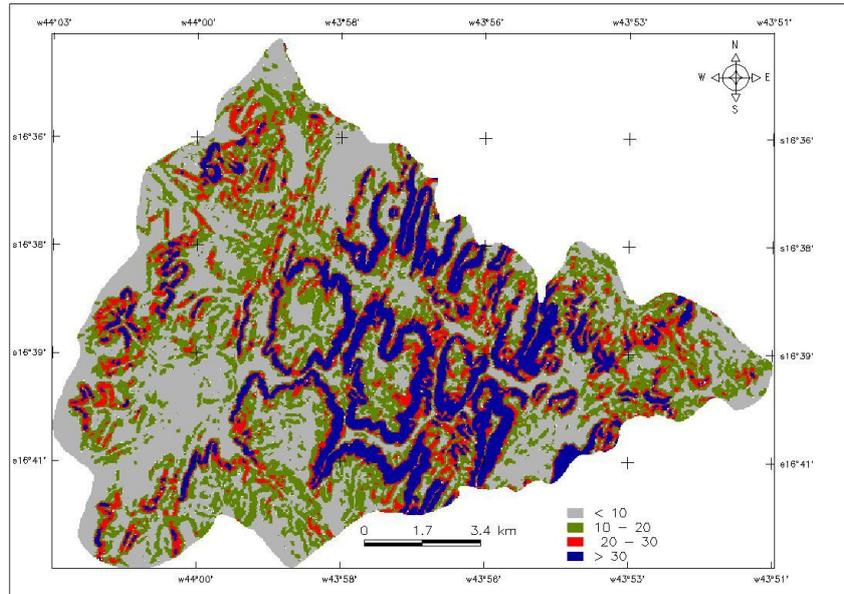


Figura 4. Mapa do fator LS da bacia do rio Cedro/MG.

Com os resultados da classificação foram definidos cinco classes (Figura 5): vegetação densa correspondendo a 3859,38 ha, pastagens naturais e degradadas com 6967,35 ha, área agrícola com 2447,19 ha, afloramento rochoso correspondendo a 2137,41 ha e solo exposto com 1776,51 ha.

As áreas de pastagens ocuparam 41% da superfície da bacia, atingindo tanto as áreas de relevo plano, quanto o mais acidentado e de acordo com os padrões da vegetação e o conhecimento da área, a maior parte dessas pastagens se encontram bem degradadas, o que favorece a predisposição do solo a perdas. As áreas agrícolas se encontram nas superfícies de relevo suave ondulado, e em topografias planas as margens dos rios, por apresentarem maior disponibilidade de água, mas em contrapartida favorecem a perda por erosão o que vem a contribuir com o assoreamento. Como em toda a bacia não possui nenhuma prática que vise a conservação do solo, o valor adotado de P (práticas conservacionistas) foi de 1, exceto para áreas agrícolas, pois em determinada fase do ciclo da cultura e também em função do tipo de cultivo, esse, fecha completamente o solo podendo ser usado um fator P de 0,5.

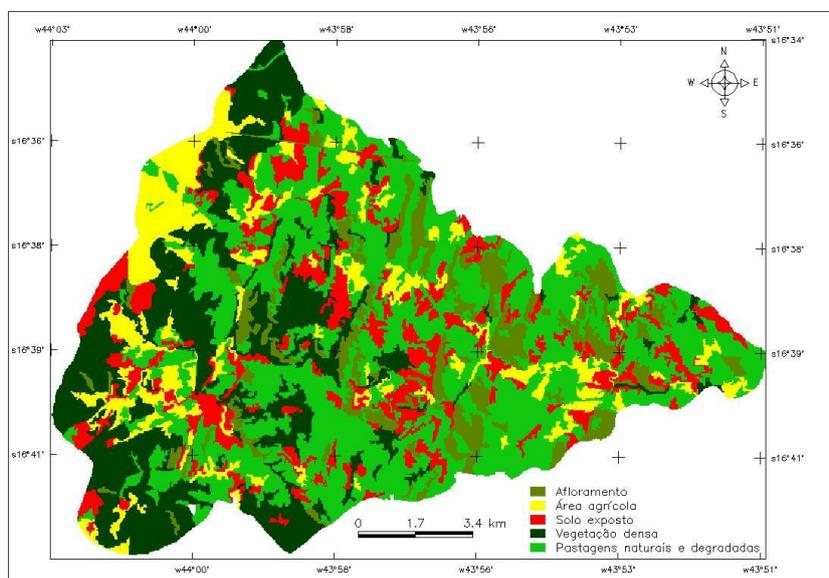


Figura 5. Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Cedro/MG.

De posse dos resultados foi gerado o mapa da predisposição da bacia a perda de solo (Figura 6), ocorrendo uma grande variabilidade de perdas em toda sua extensão. O maior intervalo de perda estimado foi de 10 a 50 ton.ha⁻¹.ano, correspondendo a 38,67% da bacia, sendo considerada uma perda moderada segundo a FAO – Food and Agriculture Organization (1967). Ainda segundo a classificação da FAO 17,78% da bacia tem perda baixa (0 – 10 t.ha⁻¹.ano⁻¹), 25,19% tem perda alta (50 – 200t.ha⁻¹.ano⁻¹) e 18,34% tem perda muito alta (>200 t.ha⁻¹.ano⁻¹). Foi possível observar que áreas de relevo plano e boa cobertura vegetal, apresentavam menores valores de perda de solo (0 – 10 t.ha⁻¹.ano⁻¹), enquanto áreas com declividade alta superior a 20%, com pouca cobertura vegetal e sem práticas conservacionistas possuíam maiores valores de perda de solo (>200 t.ha⁻¹.ano⁻¹). De certa forma, a bacia possui altos valores de predição de perdas por erosão o que evidencia a necessidade de elaborar projetos visando à recuperação de áreas degradadas e práticas de conservação para toda a área de contribuição, de modo a preservar os recursos hídricos prevenindo assoreamentos, aumentando o reabastecimento do lençol freático para que se possa garantir água de boa qualidade à população além de manter e preservar a fauna e flora local.

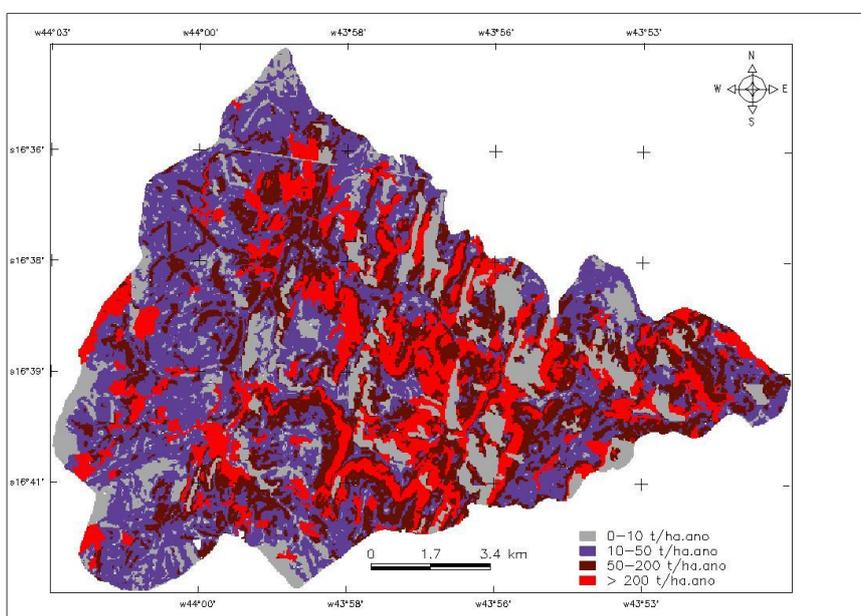


Figura 6. Mapa da perda de solo em t.ha⁻¹.ano⁻¹ da bacia do rio Cedro/MG.

4. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que a bacia do rio Cedro/MG apresenta áreas bastante vulneráveis à perda de solos por erosão hídrica, o que demanda maior atenção à bacia, evidenciando a necessidade da implantação de planos gestores visando à conservação dessas áreas, além de enfatizar que o SIG associado à USLE apresenta-se como uma importante ferramenta para estimativas dessas perdas de solo.

Agradecimento

À FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais.

Referências Bibliográficas

Bertoni, J; Lombardi Neto, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ed. Ícone, 2008, 6ª ed, 355p.

Brasil. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. **Manejo e conservação do solo e da água**: informações técnicas. Brasília, 1983. 66 p.

Carolino de Sá, M. A.; Lima, J. M.; Curi, N.; Massaroto, I. A. 1. 1.; Marques, G. S. M. Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultra-som e atributos de solos com horizonte B textura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.691-699, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000700011> Acesso em: 23 set. 2012.

Fujihara, A. K., **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. 2002, 118p. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

Ministério do Exército. Montes Claros – MG. **Carta planialtimétrica**. 1979. Escala 1:100000.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatir la erosión en las tierras de cultivo. Cuadernos de fomento agropecuario de la Organización de las Naciones Unidas, Roma: FAO, n. 81, 207 p., 1967 *apud* Paes, F. S., Dupas, F. A., Silva, F. G. B. Pereira, J. C. D. Espacialização da perda de solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí (MG). **Geociências (UNESP. Impresso)**, v. 29, p. 537-549, 2010.

Nery, C. V. M., **Uso do geoprocessamento na caracterização física da bacia hidrográfica do córrego Canabrava no município de Guaraciama, MG**. 2010, 86 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes, Montes Claros.

Padovani, C. R.; Padovani, S. L. A. C.; Brandão, M. F. **Metodologia de georreferenciamento e interpretação de Imagens Landsat TM para aplicação em estudos ambientais no Pantanal brasileiro**. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION ESPACIAL, 10., 2002, Cochabamba, Bolivia. Anais... Cochabamba: Universidade Mayor de San Simon-Clas, 2002. (CD-ROM).

Paes, F. S., Dupas, F. A., Silva, F. G. B. Pereira, J. C. D. Espacialização da perda de solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí (MG). **Geociências (UNESP. Impresso)**, v. 29, p. 537-549, 2010.

Paiva, E.M.C.D. e Paiva, J.B.D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. p 367.

Reatto, A.; Spera, S. T.; Correia, J. R.; Martins, E. S.; Bloise, G. L. F.; Souza, G. D.; Silva, A. V. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Olaria – DF**. Escala 1:300.000. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000

Ribeiro, L.S.; Alves, M. da G. Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos de Goytacazes/RJ através de técnicas de Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. Artigos, p.3039-3046. Disponível em: <<http://mar.tecnico.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.19.16.01/doc/3039-3046.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2012.

Santos, C. R.; Rosa, R. Avaliação das perdas de solo por erosão laminar na bacia hidrográfica do córrego Bebedouro- Uberlândia/MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. Artigos, p.1153-1160. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1384.pdf>> Acesso em: 10 set. 2011.

Silva, M.L.N.; Curi, N.; Lima, J.M. de; Ferreira, M.M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1207-1220, jun. 2000.

Tundisi, J. G.; Tundisi, T. M. **A água**. São Paulo: Publifolha, 2005, 120 p. (Folha Explica)

Universidade Federal de Viçosa/Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/Universidade Federal de Lavras/Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida**. Belo Horizonte: FEAM, 2010

Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975, 245p.