



ESTIMATIVAS DE PERDAS DE SOLO NA BACIA DO ALTO SÃO FRANCISCO UTILIZANDO PRECIPITAÇÃO ESTIMADA POR SATÉLITE

*Jacqueline Sobral de Araújo Passos¹, Joyce de Araujo Beltrão¹,
Celso A. G. Santos² & Richarde M. Silva³*

RESUMO --- As mudanças do meio ambiente, principalmente relacionadas ao uso do solo, têm provocado grande influência nas perdas de solo. Este trabalho tem por objetivo analisar a estimativa de perdas de solo para a Bacia do Alto São Francisco mediante dados de precipitação TRMM e a Equação Universal de Perda de Solo (USLE). Os Fatores *R*, *K*, *LS* e *CP* da USLE foram obtidos em ambiente SIG. Os resultados obtidos a partir da USLE foram classificados em quatro categorias de erosão: baixa (<10 t/ha/ano), moderada(10-50 t/ha/ano), alta (50-200 t/ha/ano) e muito alta (>200 t/ha/ano). Os resultados apresentaram os seguintes resultados para a bacia: baixa (15.383,6 km²); moderada (6.096,93 km²); alta (6.480,1 km²); e muito alta (110,76 km²). A bacia é caracterizada, em sua maior parte, 54,80% da área total, com baixo grau de erosão, porém também apresentou alto grau de erosão de 23,08%. Os resultados obtidos mostraram que as perdas de solo variaram de 0 a 289,1 t/ha/ano. As maiores perdas de solo foram localizadas na porção oeste e sudeste. Com isso, pode-se confirmar que o uso de geotecnologias aliadas à utilização da USLE é uma técnica eficaz na representação espacial das perdas de solo na Sub 40 para a identificação das áreas mais vulneráveis ao processo de erosão dos solos.

ABSTRACT --- Changes in the environment, mainly related to land use, have caused great influence on soil losses. This work aims to analyze the estimated soil losses in the basin of the Upper São Francisco by TRMM precipitation data and the Universal Soil Loss Equation (USLE). The factors *R*, *K*, *LS* and *CP* of the USLE were obtained in a GIS environment. The results obtained from the USLE were classified into four categories erosion: low (<10 t/ ha/year), moderate (10-50 t/ha/year), high (50-200 t/ha/year) and very high (> 200 t/ha/year). The results showed the following results for the basin: low (15383.6 km²); moderate (6096.93 km²); high (6480.1 km²); and very high (110.76 km²). The basin is characterized, for the most part, 54.80% of the total area, with a low degree of erosion, but also showed a high degree of erosion of 23.08%. The results showed that soil losses ranged from 0 to 289.1 t/ha/year. The highest soil losses were located in the western and southeastern portion. Thus, we can confirm that the use of geotechnologies coupled with the USLE is an effective technique in the spatial representation of soil losses in the Sub-basin#40 to identify the most vulnerable areas to soil erosion process.

Palavras chave: perda de solo, geotecnologias, TRMM

¹ Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, 58051-900 João Pessoa - PB.

E-mail: jacqueline.sobral.araujo@gmail.com e joyceabeltrao@gmail.com

² Professor, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, 58051-900 João Pessoa - PB.

E-mail: celso@ct.ufpb.br

³ Professor, Departamento de Geociências, UFPB, 58051-900 João Pessoa - PB. E-mail: richarde@geociencias.ufpb.br

INTRODUÇÃO

A utilização indiscriminada dos recursos naturais podem causar danos ao solo como, por exemplo, a erosão. A prática de atividades agrícolas, sem planejamento e práticas conservacionistas, é um dos principais fatores causadores da erosão do solo, além de oferecer riscos de contaminação aos mananciais devido à utilização de defensivos agrícolas. Assim, deve-se ter atenção especial quando as atividades desenvolvidas no meio ambiente, visto que os riscos de erosão dependem tanto das condições naturais quanto dos modelos de uso da terra (ARAÚJO *et al.*, 2005).

Segundo Freitas *et al.* (2008), a erosão é um dos principais fatores responsáveis pelo decréscimo na produtividade agrícola, provocando perdas de solo, água e nutrientes, com consequente contaminação dos corpos de água e degradação do solo. Com assim, estudos e a compreensão dos fatores que agravam o processo de erosivo dos solos em bacias hidrográficas são essenciais para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, visto que a partir destes é possível aplicar medidas mitigadoras nas áreas mais afetadas.

O uso de tecnologias de geoprocessamento como: imagens de satélites e SIG, podem ser considerados importantes meios de apoio para o desenvolvimento de aplicações voltadas ao meio ambiente, facilitando a integração de dados espaciais permitindo propor alternativas para diminuir impactos identificados em áreas degradadas, inclusive em bacias hidrográficas (SENA *et al.*, 2012).

Um problema cada vez mais recorrente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento é a má distribuição e qualidade dos dados de postos pluviométricos, sendo a estimativa por satélite uma alternativa para essas áreas. Segundo Collischonn (2007), destacam-se para estes fins os satélites da série GOES (*Geostationary Operational Environmental System*), e o satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), este último com o objetivo específico de medição de precipitação nos trópicos. Estes dados de precipitação a partir de imagens de satélite auxiliam na identificação das áreas que sofrem maiores influências da precipitação, visto que o fator erosividade das chuvas é um dos principais elementos naturais que interferem nos processos erosivos de uma bacia hidrográfica.

Nesse sentido, dados de precipitação estimados pelo TRMM é uma importante ferramenta para se avaliar a as perdas de solo com resolução espacial em escala de bacia. O TRMM é uma missão conjunta entre a NASA e a Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA) projetado para medir a precipitação para pesquisas de clima. TRMM é um satélite de investigação destinada a melhorar a nossa compreensão da distribuição e variabilidade da precipitação nos trópicos, como parte do ciclo da água no atual sistema climático (NASA, 2013). Este satélite tem instrumentos para observação de chuvas nas zonas tropicais e subtropicais, que representam aproximadamente

dois terços do total de chuvas globais. Os dados de observação adquirida com TRMM têm um valor significativo para o estudo da mudança climática global, e contribuem para a compreensão do mecanismo climático, explicitação de tempo incomum, como El Niño, e previsão de inundações para prevenção de desastres (JAXA, 2013). Vários trabalhos comparativos entre dados de estimativas TRMM e informações coletadas em postos pluviométricos foram realizados, comprovando a viabilidade de utilização de dados TRMM para estimativas de chuvas (Collischonn, 2006; Collischonn *et al.*, 2007; Collischonn *et al.*, 2008; Nóbrega *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2013). Estes dados também podem ser utilizados em monitoramento de bacias hidrográficas. Nesse estudo, será aplicado a bacia do Alto São Francisco.

A bacia do Rio São Francisco, uma das mais importantes do país, estende-se pelos Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Goiás e o Distrito Federal, pertencentes às regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste. Esta bacia tem o curso principal do rio com extensões de 2.814 km entre as cabeceiras, no município de São Roque de Minas (MG), e de 2.863 km pelo rio Samburá, no município de Medeiros (MG) e a foz, entre os Estados de Alagoas e Sergipe. Na sua foz, observa-se uma vazão média anual de 2.980 m³/s, o que corresponde a uma descarga média anual da ordem de 94 bilhões de m³ (CODEVASF, 2013). A bacia se subdivide em quatro regiões: Alto São Francisco (das nascentes até Pirapoca-MG), Médio São Francisco (Pirapoca-MG até Sobradinho-BA), Sub-médio São Francisco (Sobradinho-BA até Paulo Afonso-BA) e Baixo São Francisco (Paulo Afonso-BA até o Oceano Atlântico). Na região do Alto São Francisco estão localizadas a Sub-40 e Sub-41, sendo a Sub-40 a área de estudo do presente trabalho.

Ainda com relação à estimativa de erosão modelos matemáticos são ferramentas de auxílio na pesquisa e nas práticas agrícolas que ajudam na determinação das práticas conservacionistas e de manejos mais indicados para os diferentes cenários de aplicação (GALDINO e WEILL, 2010). Para estimar a perda de solo por erosão laminar, um dos modelos mais usados é a Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation – USLE*), desenvolvida a partir da década de 50 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (CRESTANA *et al.*, 2007).

A utilização da USLE foi aplicada a outras áreas de estudo como é o caso do estudo feito por Bortolin *et al.* (2011), realizado no Rio São Marcos, RS visando estimar a geração de sedimentos provocados por erosão laminar, constatando que a área de estudo apresenta potencial de baixa geração de sedimentos.

Com isso, este trabalho objetiva analisar a variabilidade espacial da estimativa de perdas de solo para a Bacia do Alto São Francisco (Sub-40), utilizando dados de Imagens TRMM aplicados na Equação Universal de Perda de Solo (USLE).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O Alto São Francisco (codificação da Agência Nacional de Águas - ANA), está localizado entre os paralelos 18° e 21° de latitude sul e os meridianos 43° 30" e 46° 40" de longitude oeste, na região central de Minas Gerais. A bacia possui área de drenagem de aproximadamente 49.640 km² e abrangem 106 municípios, compreendendo as nascentes dos rios São Francisco, Pará, Paraopeba, Indaiá, Borrachudo e seus afluentes até o reservatório de Três Marias.



Figura 1: Localização da bacia do Alto São Francisco no Brasil.

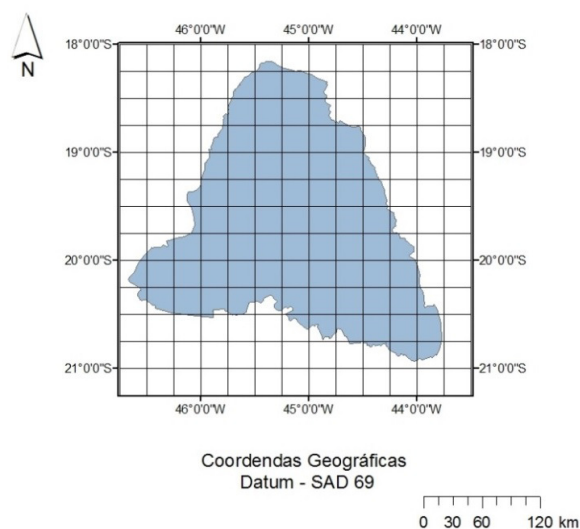


Figura 2: Alto São Francisco com grade TRMM.

Na bacia, além de apresentar grande diversidade econômica e disponibilidade de infraestruturas urbanas, há a presença da Usina Hidroelétrica de Três Marias, responsável pelo abastecimento hídrico e elétrico de aproximadamente 1,1 milhão de pessoas segundo dados da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 2012).

Determinação dos Fatores da USLE

Segundo Amorim (2003), diversos modelos matemáticos vêm sendo desenvolvidos e aperfeiçoados, desde a década de 50, com o intuito de prever a magnitude das perdas de solo por erosão, tais como a *Universal Soil Loss Equation* (USLE) e a *Revised Universal Soil Loss Equation*

(RUSLE), como também modelos baseados em princípios teóricos, como o *Water Erosion Prediction Project* (WEPP).

Para a estimativa das perdas de solo para a Bacia do Alto São Francisco (Sub-40), utilizou-se a USLE (WISCHMEIER e SMITH, 1965), que consiste num modelo matemático que emprega os principais fatores que influenciam a perda de solo por erosão laminar: erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, topografia e os fatores de manejo e práticas conservacionistas do solo a fim de diagnosticar as áreas da bacia mais susceptíveis aos processos de erosão, podendo ser utilizada na identificação de riscos de degradação de solos, desde que adaptado às condições de estudo. O modelo é representado pela seguinte equação:

$$USLE = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

no qual:

USLE = perda de solo por erosão (ton/ha/ano);

R = erosividade da chuva ou o potencial de erosão causada pela chuva(MJ·mm/ha/h/ano);

K = erodibilidade do solo(t·ha·h/ha/MJ/mm);

LS = topografia, ou seja, conjunto de comprimento de rampa e grau de declividade;

C = cobertura vegetal ou uso e ocupação do solo, é a relação dos diferentes tipos de manejo da terra e a intensidade das perdas de solo;

P = fator de prática conservacionista do solo.

Os fatores utilizados na USLE foram calculados um a um para posterior geração de mapa da perda de sedimentos.

O fator de erosividade da USLE (Fator R) foi obtido com base na equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Para isto foram adquiridos os dados diários de precipitação provenientes do TRMM de 1998 a 2013. Estes dados estão disponíveis, gratuitamente, do site da NASA (http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMM_V7.3B42_daily.2.shtml#description). Para melhores resultados referentes à continuidade dos dados de chuva e devido à área não ter grandes extensões, foi utilizado uma grade de pontos de 0,25° × 0,25°, melhor resolução proporcionada para dados TRMM. Na determinação da localidade dos dados a serem baixados, foi definida uma grade de pontos a cada 0,25° que contemple toda área da bacia, com longitude de – 46,75 a –43,73 e latitude de –21 a –18, em graus decimais, sistema de coordenadas utilizado pelo site para aquisição dos dados. Os dados de precipitação diária foram acumulados para a escala mensal, foi realizada a média entre as precipitações acumuladas mensais como também dos dados

de precipitação acumulada anual, no período de 1998 a 2013, para cada ponto, informações necessárias para cálculo da erosividade. O Fator R pode ser dado por:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 89,823 \left(\frac{P_m^2}{P_a} \right)^{0,759} \quad (2)$$

Sendo:

R = fator de erosividade da chuva (MJ·mm/ha/h/ano)

P_m = a precipitação mensal (mm)

P_a a precipitação média total anual (mm).

Posteriormente, os dados anuais de erosividade foram interpolados pelo Método *Spline* com resolução espacial de 30 m em ambiente SIG, mesma resolução dos dados de altimetria. Segundo Souza *et al.* (2011), em trabalho visando avaliar o desempenho de interpoladores na elaboração de carta de isoietas anual, concluíram que *Spline* está entre os de melhor desempenho. Com isso foi possível representar uma maior distribuição espacial da erosividade.

O fator de erodibilidade do solo (Fator K) foi calculado a partir recorte da área de estudo no mapa de vegetações do Brasil disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística da e associado os valores de erodibilidade encontrados na literatura para unidades pedológicas similares às da área de estudo, baseados em estudos realizados por Farinasso *et al.* (2006), conforme mostra a Figura 3.

Para o cálculo do fator LS da USLE, utilizou-se o do Modelo Digital de Elevação (Figura 4) proveniente de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 m, disponibilizado no site do INPE (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>). O Fator LS é dado pela seguinte expressão:

$$LS = \left(\frac{V}{22,13} \right)^{0,4} \left(\frac{\sin \theta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (3)$$

sendo:

LS = fator topográfico

V = a acumulação de fluxo multiplicada pelo tamanho da célula

θ = o ângulo da declividade em graus.

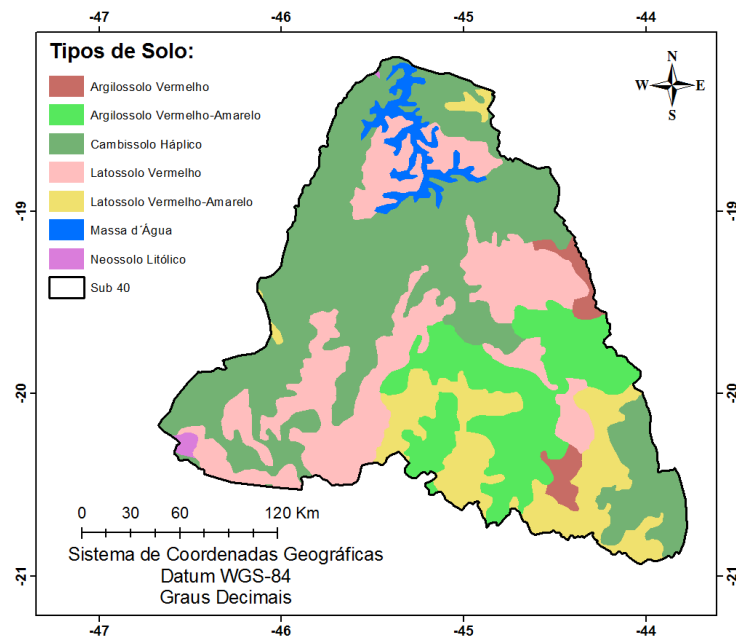


Figura 3: Distribuição espacial do fator de erodibilidade dos solos para a bacia do Alto São Francisco.

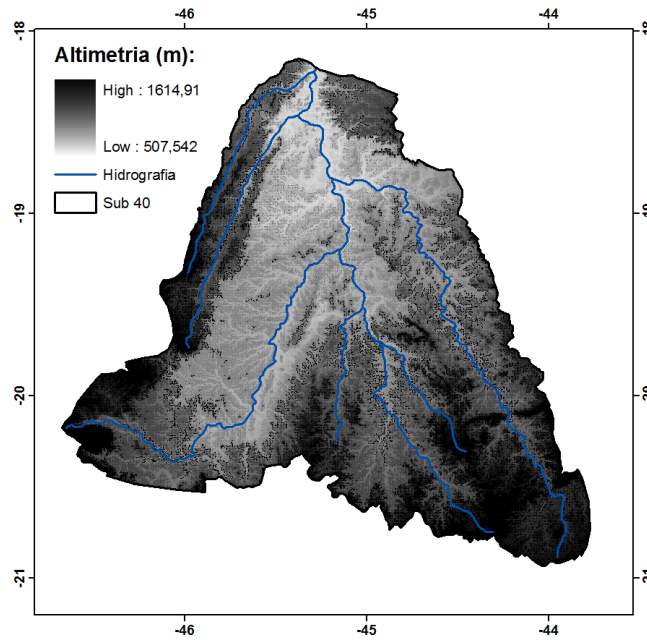


Figura 4: Modelo Digital de Elevação da do Alto São Francisco.

O Fator de erodibilidade ou Fator C foi gerado a partir da classificação supervisionada de imagens LANDSAT TM 5 disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), onde a área da bacia foi classificada em seis classes o qual cada uma foram associados os seguintes valores de erodibilidade: atividades agrícolas (0,087), cerrado (0,042), contatos entre tipos

de vegetações (0,018), mata caducifolia (0,012), rios e lagos (0) e urbano (0,001), conforme mostra a Figura 5.

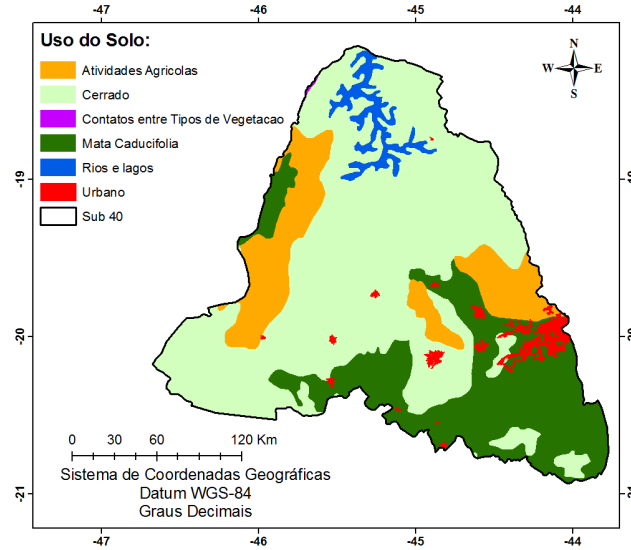


Figura 5: Classificação do uso e ocupação do solo da bacia do Alto São Francisco.

A obtenção do fator cobertura e manejo do solo é de grande complexidade, devido às muitas condições de superfície e sub-superfície do solo, criadas pelo seu manejo, as quais afetam a erosão hídrica (AMARAL, 2006). Alguns dos mais importantes fatores que afetam a cobertura e o manejo do solo são as distribuições das chuvas, alterações no preparo do solo, sistemas de cultivo e cobertura dos solos. Para a determinação do fator P , foi utilizada a metodologia sugerida por Gurgel *et al.* (2011), que recomendam quando o enfoque do trabalho é a perda de solo por erosão, os fatores C e P estão correlacionados de tal forma que podem ser analisados como um único fator, ou seja, o fator P pode ser desconsiderado ou associado a 1 unidade.

O cálculo da USLE foi realizado pixel a pixel com álgebra de mapas por meio do uso de SIG, com o software ArcGis 9.3. Para classificar a perda de solo na Bacia do Alto Rio São Francisco (Sub 40) foi utilizado a classificação proposta pela FAO (1980), que relaciona o grau de erosão a partir de quatro classes de perda de solo (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação dos graus de erosão.

Perda de Solo (t/ha/ano)	Grau de Erosão
< 10	Baixa
10–50	Moderada
50–200	Alta
> 200	Muito Alta

Fonte: FAO (1980).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando os fatores calculados, foi possível observar que para o fator topográfico (LS) constatou-se uma variação de 0 a 41,09, onde a maior parte da bacia possui baixos índices, entretanto nas áreas com maior altimetria esse fator tende a aumentar, representado pela cor vermelha, principalmente na parte sudeste e oeste da bacia, como pode ser visto na Figura 6. A Figura 7 apresenta a distribuição do fator de erosividade (R) para a bacia em estudo. Verifica-se que os resultados da erosividade variaram de 6932,9 a 8538,66 MJ·mm/ha/h/ano e que os maiores índices de erosividade da chuva encontram-se na parte sudeste e sudoeste da bacia. Já os menores índices encontram-se na parte nordeste da bacia.

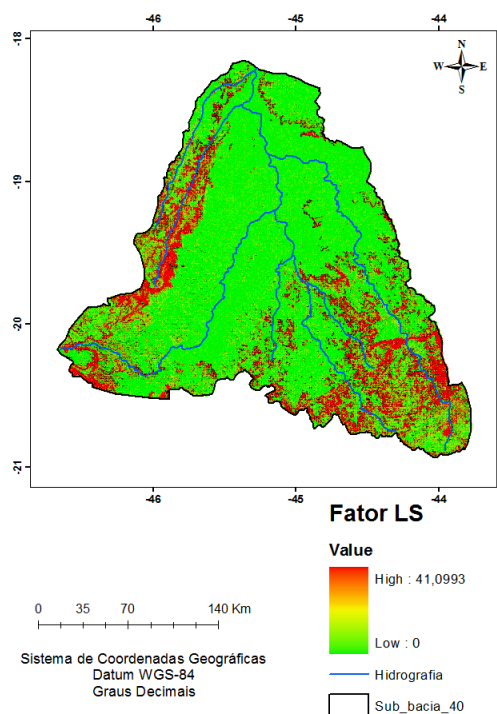


Figura 6: Distribuição espacial do fator LS para a bacia do Alto São Francisco.

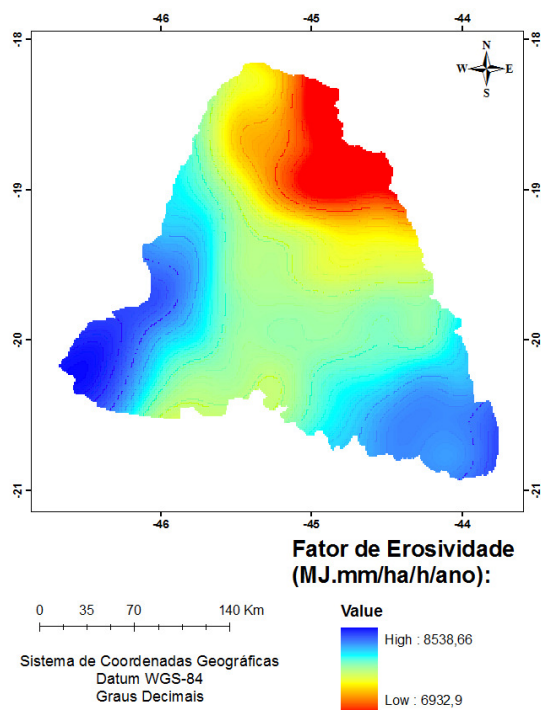


Figura 7: Distribuição espacial do fator de erosividade para a bacia do Alto São Francisco.

Com relação ao fator K de erodibilidade dos solos, primeiramente foram identificados a predominância de quatro tipos de solo: Cambissolo Háplico (43,28%), Latossolo Vermelho (23,36%), Argissolo Vermelho-Amarelo (15,38%) e Latossolo Vermelho-Amarelo (12,52%). A Tabela 2 mostra os valores utilizados para a espacialização deste fator, com base na literatura para cada tipo de solo existente na bacia, bem como o percentual de abrangência para cada tipo. Por meio da espacialização do fator K obteve-se o mapa de erodibilidade (Figura 3) com os valores deste parâmetro para cada tipo de solo.

Tabela 2: Tipos de solo, seus respectivos valores de erodibilidade e de área.

Tipos de Solo	Valores de Erodibilidade (t·ha·h/ha/Mj/mm)	Área (km ²)	%
Argissolo Vermelho	0,051	1.033,47	2,08
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,044	7.632,6	15,38
Cambissolo Háptico	0,039	21.486,6	43,28
Latossolo Vermelho	0,028	11.596	23,36
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,018	6.213,73	12,52
Massa d'água	0	1.513,5	3,05
Neossolo Litólico	0,036	164,04	0,33

Fonte: Mendonça (2005) e Farinasso *et al.* (2006).

Observa-se que os maiores valores de erodibilidade foram referentes aos solos: Argissolo Vermelho com fator de erodibilidade de 0,051 t·ha·h/ha/MJ/mm, o Argissolo Vermelho-Amarelo com 0,044 t·ha·h/ha/MJ/mm e Cambissolo Háptico com 0,039 t·ha·h/ha/MJ/mm, com abrangência de 2,08%, 15,38% e 43,28%, respectivamente, da área total da bacia hidrográfica, sendo os solos da bacia mais susceptíveis a erosão. Nota-se ainda que o solo Argissolo Vermelho não sofreu grande influência na bacia, visto que abrange uma pequena área, diferentemente do Cambissolo Háptico que abrange uma área maior (21.486,6 km²). Os solos Latossolo Vermelho-Amarelo (0,018) e Latossolo Vermelho (0,028) apresentaram os menores valores de erodibilidade, e, conseqüentemente, menor susceptibilidade a processos erosivos na bacia.

A Tabela 3 mostra o resultado da média da estimativa da perda de solo considerando os anos de 1998 a 2013, utilizando a USLE, com os quantitativos de áreas em km² e porcentagem. A partir da tabela foi possível perceber que a maior parte da bacia está classificada com grau de erosão baixo, 54% da área da bacia, porém também foi constatado que 23,08% da bacia apresentou alto grau de erosão.

Tabela 3: Classificação de perda de solo e suas respectivas áreas, em km² e porcentagem.

Perda de Solo (t/ha/ano)	Grau de Erosão	Área (km ²)	%
< 10	Baixa	15383,6	54,80
10–50	Moderada	6096,93	21,72
50–200	Alta	6480,1	23,08
> 200	Muito Alta	110,76	0,39

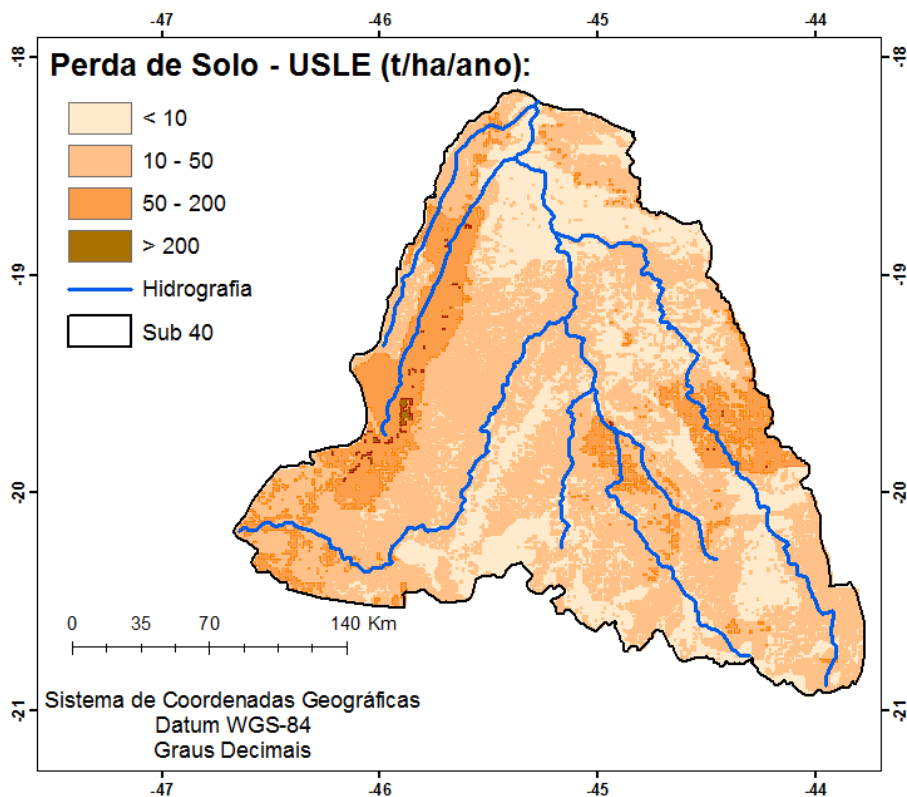


Figura 8: Espacialização da perda média de solo no Alto São Francisco (Sub 40), entre os anos de 1998 a 2013.

A partir da Figura 8, tem-se um visão geral da espacialização das perdas de solo na **Sub 40**. Observou-se que as áreas de maior perda de solo foram a porção oeste como também a região sudeste da bacia, sendo também nestas áreas da bacia onde está presente significativos valores de erosividade das chuvas, as maiores declividades e a predominância do uso de solo para atividades agrícolas e aglomerados urbanos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado da estimativa de perda de solo para a bacia do Alto São Francisco (Sub 40) permitiu identificar as áreas com maior e menor perda de solo, utilizando a média de precipitação acumulada do período compreendido entre 1998 e 2013.

Observou-se que a maioria das áreas em que predominam as atividades agrícolas ocorre em extensões com altas altitudes, requerendo uma atenção especial dos gestores públicos visto que, naturalmente, são regiões mais suscetíveis à erosão. Esses sedimentos em suspensão tendem a se depositarem em regiões mais baixas e/ou leito de rios podendo influenciar na qualidade da água, sendo alterada tanto pela presença de sedimentos na bacia quanto pelo uso de agrotóxicos e nutrientes. De maneira geral, o estudo mostrou que a maior parte da Sub 40 é formada por solos que

apresentam baixa susceptibilidade às perdas de solo. Detectou-se ainda que os maiores valores de perda de solo foram encontrados nas áreas de maiores declividade, maior Fator *LS* da bacia, e que possuem significativos valores de erosividade das chuvas.

Com relação aos dados de precipitação TRMM, estes se mostraram uma alternativa viável ao uso da aplicação da USLE, visto que estes são disponibilizados de forma contínua desde 1998 na resolução diária, ou até mesmo em intervalos de 3 horas.

Com isso, é importante frisar que a utilização de geotecnologias tem se mostrado útil enquanto ferramenta capaz de auxiliar nas análises ambientais de forma mais rápida e satisfatória. Faz-se cada vez mais necessário a realização de estudos sobre os fatores que influenciam o avanço da erosão, sobretudo em bacias hidrográficas, podendo servir na tomada de decisão para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, que ajuda na organização e manipulação dos dados a serem analisados.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A.J. Fator Cobertura e Manejo da Equação Universal de Perda de Solo para Soja e Trigo em um Cambissolo Húmico Alumínico Submetido a Diferentes Sistemas de Manejo. 2006. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil, fev. 2006.

AMORIM, R. S. S. Avaliação dos Modelos de Predição da Erosão Hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições Edafoclimáticas. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Brasil: Viçosa-MG, 2004, p. 120.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, R. de A.; GUERRA, A. J. T. Gestão ambiental de áreas degradadas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005, Capítulo 1, p. 17-52.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação dos solos. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BORTOLIN, T. A.; CEMIN, G. SCHNEIDER, V. E. Determinação da perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do Rio São Marcos, RS. In Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, Mai. 2011, INPE pp.1495-1502, 2011.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. 50 Anos de Três Marias. Energia da Gente. Agosto/Setembro, Ano IX, N.º 91, 2012.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Caracterização da Bacia. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/identificacao>. Acesso em: Dez. de 2013.

COLLISCHONN, B. Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (Dissertação). Porto Alegre: 2006. 196p.

COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Desempenho do Satélite Trmm na Estimativa de Precipitação sobre a Bacia do Paraguai Superior. Revista Brasileira de Cartografia No 59/01, Abril 2007, 93-99.

COLLISCHONN, B.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. Journal of Hydrology (2008) 360, 207-216.

FAO. Metodologia provisional para evaluación de la degradación de los suelos. Roma: FAO/PNUMA: UNEP: UNESCO. 1980. 86p.

FARINASSO, M.; JÚNIOR, O. A. C.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; RAMOS, V.M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI/MA. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 7, nº 2, pp. 73-85, 2006.

FREITAS, F.J.; CANTALICE, J.R.B.; BEZERRA, S.A.; SILVA, M.D.R.O.; SANTOS, P.M.; CORREA, R.M.; LIMA, P.A.; FILGUEIRA, S.B. Erosão em Entressulcos sob Caatinga e Culturas agrícolas. Revista Bras. Ci. Solo 32:1743-1751, 2008.

GALDINO, S.; WEILL, M.A.M. Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) para a bacia do Alto Taquari – MS/MT. In Anais do 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cáceres, MT, Out. 2010, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, pp. 260-269, 2010.

GURGEL, R.S.; JÚNIOR, O.A.C.; GOMES, R.A.T, GUIMARÃES, R.F.; CÂMARA, J.F.A.; SOBRINHO, D.A.; MARTINS, E.S.; BRAGA, A.R.S. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA, Geografia Ensino e Pesquisa, v.15, n.3, 2011.

JAXA, *Japan Aerospace Exploration Agency*. TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission. Disponível em: http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/index_e.htm. Acesso em: Out. de 2014.

MENDONÇA, I.F.C. Adequação do uso agrícola e estimativa da degradação ambiental das terras da microbacia hidrográfica do Riacho Una, Sapé-PB. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2005.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: <http://pmm.nasa.gov/node/158>. Acesso em: Out de 2013.

NÓBREGA R. S.; SOUZA, E. P. de; SOUSA, F. A. S. Análise da utilização de dados do satélite TRMM em um modelo hidrológico semidistribuído na bacia do rio Jamari (RO). Revista Brasileira de Geografia Física. Recife-PE. V. 01, n. 01, Mai/Ago, 2008, 47-61.

PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH. Volume 18, n.3, Jul/Set 2013, 139-148.

SENA, F. T. N. DE S.; SANTIAGO NETO, B. J.; LEITE, A. C. DE S. Uso do Geoprocessamento como Subsídio à Análise Ambiental: Imagem SRTM na Geração Dos Mapas Hipsométrico e de

Declividade das Bacias Difusas da Barragem Boa Esperança no Estado Do Piauí. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 06- 09 de Maio de 2012 p. 002 – 005.

SOUZA, E. P.; NÓBREGA, R. S.; GALVÍNCIO, J. D. Análise da Estimativa de Precipitação do Trmm em uma Sub-Bacia da Amazônia Ocidental. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 25, no 1, jan/abr. 2008.

SOUZA, J. L. L. L; GOMES, T. S.; DIAS, R.S.; OLIVEIRA, G. M. A.; SANTOS, R. L. Avaliação de métodos de interpolação aplicados à espacialização das chuvas no território identidade Portal do Sertão / Bahia. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, PR, 2011. Anais. São José Dos Campos: INPE, p.4295-4302. 2011.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planting. Washington: USDA, 1965. 58 p. (Agriculture Handbook,537).