

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

RESUMO: A elevada quantidade de perda de solo em ambiente tropical torna necessário o desenvolvimento de metodologias para estimar a magnitude e a localização das áreas mais propensas a erosão com o propósito de diminuir os seus efeitos. A falta de medições sistemáticas de erosão do solo, devido ao alto custo, pode ser atenuada por simulações e modelos da dinâmica da paisagem normalmente desenvolvidos em Sistemas de Informação Geográfica. No Zoneamento Ecológico Econômico é adotada uma metodologia para estimar a vulnerabilidade à perda de solo utilizando uma média ponderada entre fatores ambientais e de uso terra. No presente trabalho é proposto o emprego da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS), que busca prever a taxa anual de erosão e consiste em um dos modelos mais utilizados. No entanto, a EUPS necessita de informações consistentes para uma estimativa quantitativa confiável, que inexistente para a maior parte das regiões brasileiras. Apesar da limitação com relação a falta de dados para a quantificação, o emprego da EUPS é adequado no estudo do ZEE em uma abordagem qualitativa, pois evidencia as áreas mais ou menos vulneráveis. No presente estudo o modelo EUPS é aplicado com objetivo de identificar as áreas vulneráveis à perda de solo no município de Riachão das Neves-BA. A metodologia mostrou-se adequada evidenciando que as áreas mais vulneráveis estão nas áreas de declives acentuados e uso agrícola nos vales cársticos.

Identification of vulnerable areas for erosion using the USLE model in the Riachão das Neves (BA) municipality

ABSTRACT: The high soil loss in tropical environment requires the development of methodologies to identify the most vulnerable areas for erosion, in order to reduce its effects. The lack of systematic measurements of soil erosion due to high cost can be mitigated by landscape dynamics simulations usually developed in Geographic Information Systems. In Ecological and Economic Zoning (EEZ) is adopted a methodology for estimating the vulnerability to soil loss using a weighted average of the environmental and land use factors. In this paper, we propose the use of Equation Universal Soil Loss (EUPS), the most widely used model developed to predict the annual rate of erosion. However, USLE needs of consistent information for a reliable quantitative estimate, which does not exist for most regions of Brazil. Despite such data limitation, the use of the USLE is appropriate for the EEZ study in a qualitative approach, highlighting the areas more or less vulnerable. The aim of this paper is to apply the USLE in the Riachão das Neves (BA) municipality in order to identify vulnerable areas to soil loss. The methodology proved to be adequate and demonstrates that the most vulnerable areas are located on sites with steep slopes and agricultural use in karst valleys.

Rosana Sumiya Gurgel*
Osmar Abílio de Carvalho Júnior**
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes***
Renato Fontes Guimarães****
José Feliciano Alves Câmara*****
Daniel Araújo Sobrinho*****
Éder de Souza Martins*****
Adriana Reatto dos Santos
Braga*****

*Graduação e Mestrado em Geografia pela Universidade de Brasília- UnB.

**Doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília, Professor titular da Universidade de Brasília.

***Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professor titular da Universidade de Brasília.

****Doutorado em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professor adjunto da Universidade de Brasília.

*****Possui graduação em Bacharelado em Estatística pela Universidade Estadual de Campinas.

*****Estudante de graduação em Geografia.

*****Doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília, Pesquisador II da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

*****Doutorado em Sciences du Sol pelo Université d'Orléans (FRA), Pesquisadora II da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Palavras-chave: EUPS; Fator topográfico; Uso e cobertura da Terra.

Key-words: USLE; Topographic Factor; Land use.

Introdução

O solo suporta toda cobertura vegetal e a vida nela existente, além de ser uma das maiores fontes de energia para a vida terrestre (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008). Portanto, este recurso natural deve ser preservado devido a sua importância, agregando tanto valor econômico quanto ambiental. Entretanto, a ocupação desordenada da terra e o manejo inadequado do solo têm provocado diversos problemas ambientais, tais como: a compactação do solo, diminuição da quantidade de água pluvial infiltrada e o aumento do escoamento superficial. Esse conjunto de fatores propicia a intensificação do processo de erosão hídrica, que pode evoluir na forma laminar, em sulco, ravina ou voçoroca (SILVA, 2001). A erosão ocasiona vários impactos ao ambiente como: a perda da fertilidade natural do solo, a queda da produtividade agrícola, assoreamento, diminuição do volume e da qualidade das águas (GUERRA et al., 2005; CARVALHO, 2006).

Devido à elevada quantidade de perda de solo em ambiente tropical torna-se prioritário o desenvolvimento de metodologias para estimar a magnitude e a localização das áreas mais propensas a erosão. Esta preocupação fez com que o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil (ZEE), conforme o decreto de lei número 4297 de junho de 2002, estabelecesse a necessidade de obter indicadores a vulnerabilidade natural à perda de solo como um atributo integrante para delimitar a Fragilidade Natural Potencial.

A falta de medições sistemáticas em campo da erosão do solo, devido ao alto custo, pode ser atenuada por simulações e modelos da dinâmica da paisagem. Vários modelos de suscetibilidade a perda de solo têm sido propostos e avaliados. Normalmente, estes modelos estão acoplados a um sistema de manipulação de dados espaciais, como o sistema de informação geográfica (SIG), que armazena as variáveis espaciais em diferentes camadas e efetua as operações matemáticas para o cálculo das estimativas (BORGES, 2009). Uma das principais proposições para a elaboração desta informação é a metodologia proposta por Crepani et. al. (2001) que leva em consideração os conceitos da Ecodinâmica (TRICART, 1977). Nesta metodologia a vulnerabilidade natural à perda de solo é estabelecida pela média aritmética dos índices de vulnerabilidade para os seguintes temas: geologia, geomorfologia, pedologia, uso e cobertura da Terra e clima. O método apesar de ser simples de ser efetuado possui seus critérios elaborados dentro de um grau de subjetividade o que pode dificultar a comparação entre regiões.

Uma alternativa para estimar a vulnerabilidade natural à perda de solo é o uso da Equação Universal de Perda de Solos - EUPS (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A EUPS é um dos modelos para erosão hídrica laminar mais conhecido e confiável. A sua ampla divulgação em parte deriva de sua robustez e por ser constituída de uma simples estrutura fatorial que integra fatores naturais e antrópicos que atuam na perda de solos (CHAVES, 1995). O modelo da EUPS busca determinar a perda de solo de forma quantitativa, no entanto a maior parte das regiões brasileiras não possui informações suficientes ou calibrações para que se obtenha uma estimativa confiável. Mesmo nestas condições, a EUPS permite identificar áreas de maior ou menor vulnerabilidade à perda de solo. Além disso, os resultados deste modelo são imagens ou grades contendo valores de perda de solo na forma contínua, ou seja, que variam ao longo do terreno de pixel a pixel, não ficando restrita apenas a uma determinada unidade de paisagem. Os parâmetros podem ser ajustados em conformidade com o interesse do estudo considerando diferentes cenários de uso e manejo do solo, assim como de variações ao longo do tempo (MATA et al., 2007; ALCÂNTARA & SOUZA, 2010)

O presente estudo possui como objetivo identificar as áreas vulneráveis à perda de solo do município de Riachão das Neves, utilizando o modelo da EUPS com o propósito subsidiar o município no controle de erosões e no planejamento territorial e ambiental da região.

Área de estudo

O município de Riachão das Neves localiza-se no Oeste da Bahia, um importante pólo agrícola regional (Figura 1). O município possui uma área de 584.000ha e uma população estimada no ano de 2009 de 23.431 habitantes (IBGE, 2009). O município integra a bacia do Rio Grande, afluente do Rio São Francisco, que detém um grande potencial hídrico.

Até a primeira metade do século XX, a região do oeste da Bahia permaneceu parcialmente ocupada e com baixo nível de atividade econômica. A partir da década de 70, a região foi marcada por um novo ciclo de desenvolvimento intenso e vigoroso a partir do crescimento agrícola (SANTOS, 2000). Nos últimos anos toda a região do oeste da Bahia vem passando por um intenso processo de transformação econômica, impulsionado pelo desenvolvimento tecnológico da agricultura, que acarreta em mudanças de ordem ambiental, sócio-econômica e cultural.

A expansão da agricultura ocorre principalmente nas áreas extensas e planas sobre Chapadas, caracterizadas por solos de textura arenosa e média, excessivamente drenados e favoráveis ao desenvolvimento da agricultura intensiva e mecanizada (CUNHA et al., 2001). Eventual deficiência de chuva para a agricultura é suprida pela implantação de projetos de irrigação que utilizam as águas dos tributários do São Francisco, que se caracterizam por serem perenes e com boa vazão, ou do aquífero Urucuaia por meio de poços tubulares profundos (MENKE et al., 2009). Desta forma, a agricultura apresenta todas as condições ambientais para o seu desenvolvimento, destacando-se o cultivo de soja, arroz, milho e feijão (IBGE, 2009). Devido à expansão da fronteira agrícola na região observa-se a redução da vegetação nativa.

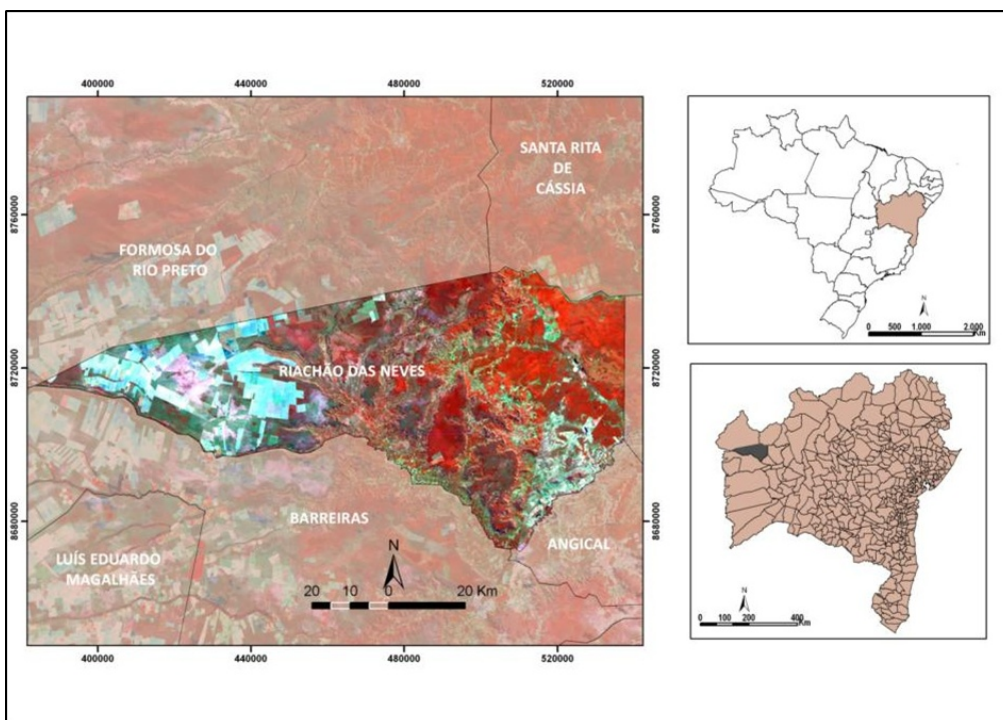


Figura 1- Localização da área de estudo.

Materiais e métodos

A EUPS foi desenvolvida em 1954, pelo National Runoffand Soil Loss Data Center e pela Agricultural Research Service em colaboração com a Universidade de Perdue (USA) e revisada por Wischmeier & Smith (1965 e 1978), incorporando novos dados tais como: (a) índice de erosão de chuva; (b) um método para avaliar os efeitos do manejo de uma cultura levando em consideração as condições climáticas; (c) um fator quantitativo de erodibilidade do solo; (d) um método que leva em consideração os efeitos a associação de certas variáveis, tais como nível de produtividade, sequência de culturas e manejo dos resíduos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008). A EUPS é descrita pela seguinte equação (WISCHMEIER & SMITH, 1978):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Onde “A” é a perda de solo, em ton/ha.ano; “R” é o fator de erosividade das chuvas, em MJ.mm/ha.h.ano; “K” é o fator de erodibilidade do solo, em ton.h/Mj.mm; “L” é o fator comprimento de rampa (m); “S” é a declividade (%); “C” é o fator uso e manejo (adimensional) e “P” é o fator práticas conservacionistas (adimensional).

Erosividade da Chuva – Fator R

O Fator R corresponde ao volume de chuva em uma dada localidade, ou seja, o poder erosivo da precipitação média anual da região, em t.m/ha.mm/ha. Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) propuseram a seguinte equação para determinar a erosividade da chuva (R):

$$R = \sum_{i=1}^{12} EI_i$$

Sendo:

$$EI = 67,355 \cdot \left(\frac{r^2}{p}\right)^{0,85}$$

Onde “EI” é a média mensal do índice de erosividade (MJ.mm/ha.h.ano); “i” corresponde aos meses, “r” é a média do total mensal (mm) e “P” é a média do total anual de precipitação (mm).

Na área de estudo foram utilizados dados de 16 estações pluviométricas distribuídos por seis municípios: Riachão das Neves, Barreiras, Cotegipe, Formosa do Rio Preto, Santa Rita de Cássia e Angical. Os dados pluviométricos de cada estação foram adquiridos pelo site Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011) e estão apresentados na Tabela 1. As séries históricas utilizadas variam de 20 a 30 anos dependendo da disponibilidade de dados. Após o cálculo do Fator R para as 16 estações pluviométricas os dados foram interpolados pelo módulo TOPOGRID do programa ArcInfo (ESRI, 1990). Este método de interpolação utiliza a interação por diferenças finitas, em que combina a eficiência de uma interpolação local (por exemplo, o método do Inverso do Quadrado da Distância), com métodos de interpolação global que utilizam uma superfície de continuidade, como o método de interpolação por Krigagem (HUTCHINSON, 1989).

Médias Anuais de Pluviosidade														
Estação	Código	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Anual
Nupeba	1144003	178,81	164,25	166,19	85,23	10,33	0,80	0,00	0,82	16,83	70,50	167,81	199,89	1.061,04
Fazenda Macambira	1144005	151,38	137,38	127,94	61,63	10,93	2,43	1,04	0,38	13,69	62,98	147,76	162,23	879,78
Riachão das Neves	1144012	177,00	154,26	153,28	100,86	15,27	6,31	0,04	1,05	17,47	77,83	194,46	185,56	1.083,41
Nupeba	1144015	149,58	117,84	90,50	49,94	8,96	0,00	2,36	0,00	11,46	32,78	181,08	241,95	886,23
Ibipetuba	1144027	150,99	138,73	144,66	77,63	17,99	1,70	0,47	1,52	14,28	66,04	159,75	178,31	952,09
Fomosa do Rio Preto	1145001	164,95	140,50	124,59	71,49	14,26	1,12	1,20	0,79	16,27	70,34	166,75	197,08	969,36
Fazenda São Francisco	1145007	154,86	172,25	164,86	87,59	27,10	2,55	0,80	0,75	17,67	103,42	220,49	164,98	1.117,32
Capão do Jerônimo	1145010	183,30	153,20	102,80	29,50	5,80	0,00	0,00	0,00	2,90	69,60	177,55	128,00	852,45
Ponte Serafim - Montante	1145013	206,44	155,43	167,12	77,89	25,55	3,04	2,03	2,82	24,09	92,97	193,58	209,38	1.160,34
Caripare	1145019	154,88	135,98	143,40	52,00	14,05	3,14	0,57	1,98	13,93	69,93	164,34	205,54	959,73
Fazenda Triunfo	1145020	137,45	156,86	161,19	44,32	36,03	1,00	0,41	18,60	4,72	51,92	164,43	182,04	958,96
Rio Limpo	1145024	165,50	157,35	114,67	121,50	24,23	0,00	15,68	0,00	10,20	110,37	277,33	184,08	1.180,90
Cacimbinha	1146005	284,85	221,39	200,23	115,15	49,88	7,85	0,00	1,60	21,20	219,90	218,33	433,48	1.754,38
Fazenda Otake	1146008	148,00	138,05	152,98	113,98	26,37	25,20	0,00	0,00	14,87	8,70	187,30	195,15	1.010,18
Cotejepe	1244004	168,01	139,14	171,15	87,79	8,95	1,18	2,92	2,14	11,63	78,53	179,03	204,67	1.055,13
Barrairs	1244010	195,02	165,03	136,87	88,51	20,00	2,59	1,00	1,15	16,78	69,74	196,30	198,00	1.091,01
Média		171,9267	152,9950	145,1384	79,0374	19,7309	3,6817	1,7828	2,1003	14,2484	78,4726	187,2561	204,3656	1060,7700
Desvio Padrão		30,9490	23,0842	28,1948	26,8518	11,5684	6,1374	3,8117	4,4806	5,3908	44,9189	31,3336	65,9444	208,7851
Mínimo		137,4455	117,8385	90,5000	29,5000	5,8000	0,0000	0,0000	0,0000	2,9000	8,7000	147,7568	128,0000	852,4500
Máximo		284,8500	221,9250	200,2250	121,5000	49,8750	25,2000	15,6750	18,6000	24,0944	219,9000	277,3333	433,4750	1754,3833

Tabela 1- Dados de pluviosidade.

Erodibilidade do Solo – Fator K

O fator K está relacionado às propriedades físicas e químicas do solo, representando a sua suscetibilidade à erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008). Vários métodos são propostos na literatura para efetuar o seu cálculo. O procedimento mais utilizado para obter o fator K é o nomograma de erodibilidade do solo desenvolvido por Wischmeier & Smith (1978) que utiliza os seguintes parâmetros do solo: granulometria, matéria orgânica, estrutura e permeabilidade. Os atributos utilizados referem-se ao horizonte superficial, já que a EUPS trabalha com erosão laminar. Mas a aplicação direta do nomograma de erodibilidade do solo, geralmente não é apropriada para a estimativa de K de solos tropicais, pois há uma tendência de superestimação (SILVA, 2001). No Brasil, Denardin (1990) desenvolveu uma equação para o fator K no qual compilou os valores de erodibilidade e propriedades físicas e químicas, medidos em mais de trinta localidades brasileiras. Chaves (1994) estudando a erodibilidade dos solos da bacia do São Francisco desenvolveu uma nova equação ajustada às condições locais.

Uma limitação presente na área de estudo é a falta de informações pedológicas em detalhe, possuindo apenas levantamento exploratório e de reconhecimento, com informações na escala 1:1.000.000 (JACOMINE et al., 1976). Este problema é corriqueiramente observado nos estudos de vulnerabilidade de perda de solo desenvolvidos nos trabalhos de ZEE. Na metodologia desenvolvida por Crepani et al. (2001) o mapeamento é realizado considerando as unidades de paisagem que são correlacionadas com associações de solo. Conforme descreve Crepani et al. (2008) “nas associações de solos é feita uma ponderação em função da proporção dos componentes da associação registrada”. Os valores de vulnerabilidade são estabelecidos em quatro tipos de peso (1; 2; 2,5; e 3) considerando os principais solos.

No presente trabalho é realizada uma adaptação da metodologia do Crepani et al. (2001) para ser empregada na EUPS. Observa-se na área de estudo a existência de uma forte relação solo-relevo. A partir do MDE, mapa geomorfológico (LIMA et al., 2010), e levantamento de reconhecimento de solo (JACOMINE ET AL., 1976) é possível definir unidades que apresentam associações pedológicas características do ambiente. A Figura 2 apresenta as unidades geomorfológicas do município de Riachão das Neves definidas pelo arranjo de formas altimétrica e fisionomicamente semelhantes. A Tabela 2 apresenta as associações de solos presentes nas unidades geomorfológicas identificadas. Diferentemente dos quatro valores atribuídos para os

tipos de solo, são adotados valores de erodibilidade descritos em estudos prévios da EUPS no Brasil. O valor K década associação é estabelecido por uma média ponderada dos valores de K dos solos presentes, sendo o peso proporcional a sua área estimada.

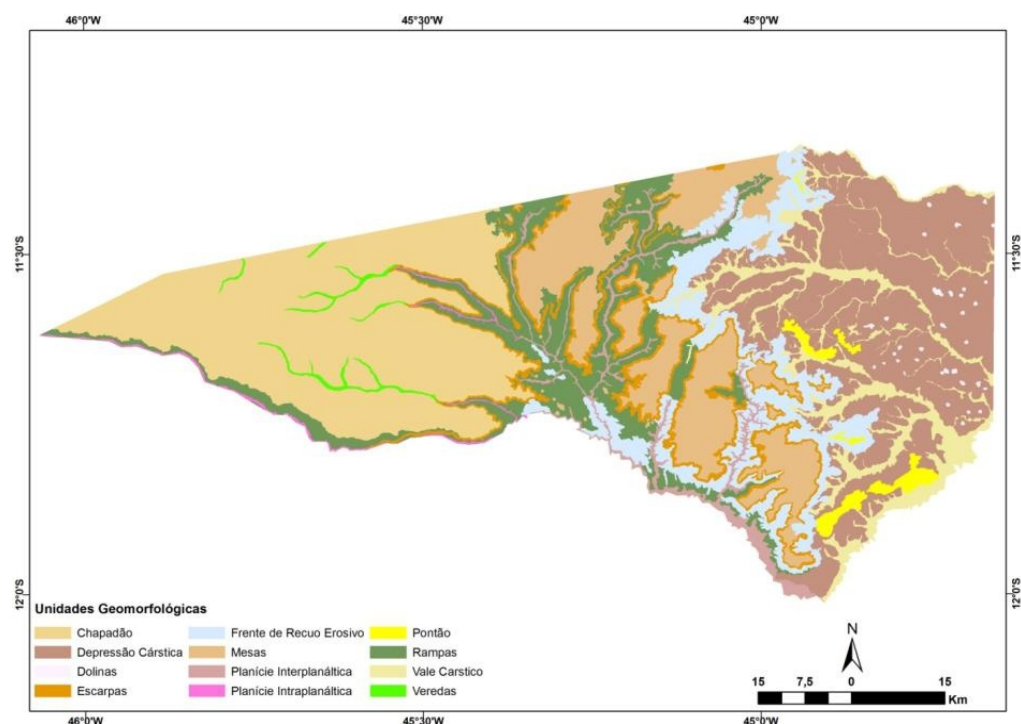


Figura 2 - Cartograma das unidades geomorfológicas do município de Riachão das Neves (LIMA et al., 2010).

Esta abordagem não permite fazer um estudo para a quantificação da perda de solo, no entanto, é adequada para uma análise qualitativa na mesma concepção do Crepani et al. (2008) indicando as áreas com maior vulnerabilidade. Desta forma, o presente trabalho utiliza a EUPS em outro enfoque diferente da quantificação, mas dentro de uma análise qualitativa com o propósito de auxiliar os estudos realizados no ZEE, superando os problemas de falta de informações. Esta proposição apresenta como vantagem em relação ao trabalho de Crepani et al. (2001) os seguintes pontos: (a) possui uma maior variação da erodibilidade do solo, não ficando restrito a apenas quatro valores; (b) apesar da imprecisão os valores utilizados estão previamente calibrados em outra localidade, o que diminui a subjetividade; e (c) permite adotar a EUPS, um modelo mundialmente utilizado, facilitando uma comparação entre regiões e um posterior aperfeiçoamento com o advento de novos dados.

Geomorfologia	Solos	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4		%
		K	%	K	%	K	%	K	%	
Rampas	Latossolo Vermelho-textura média (1) + Latossolo Vermelho Amarelo-Textura Média (2) + Cambissolo (3) + Argissolo (4)	0,013	20	0,02	20	0,06	30	0,0293	30	30
Vale Cárstico	NeossoloFlúvico (1) + Chernossolo (2) + Gleissolo (3) + PlintossoloHápico (4)	0,047	30	0,0309	20	0,0081	30	0,01	20	20
Mesas	Latossolo Vermelho-Amarelo Textura-Média (1) + NeossoloQuartzarênico (2)	0,02	60	0,0078	40	-	-	-	-	-
Escarpas	NeossoloLitólico (1) + Afloramento Rochoso (2)	0,035	75	0	25	-	-	-	-	-
Depressão Cárstica	Cambissolo (1) + Latossolo (2) + Argissolo (3)	0,06	60	0,0162	20	0,0293	20	-	-	-
Pontão	Afloramento Rochoso (1)	0	100	-	-	-	-	-	-	-
Dolinas	Chernossolo (1) + Argissolo (2)	0,0309	60	0,0293	40	-	-	-	-	-
Frente de Recuo Erosivo	Afloramento Rochoso (1) + NeossoloLitólico (2)	0	60	0,035	40	-	-	-	-	-
Chapadão	Latossolo Vermelho Amarelo Textura Média (1) + NeossoloQuartzarênico (2)	0,02	80	0,0078	20	-	-	-	-	-
Veredas	GleissoloHápico (1)	0,0044	100	-	-	-	-	-	-	-
Planície Interplanáltica	NeossoloFlúvico (1) + GleissoloHápico (2)	0,047	50	0,0044	50	-	-	-	-	-
Planície Intraplanáltica	GleissoloHápico (1)	0,0044	100	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 2- Fator K para as associações de solo do município de Riachão das Neves.

Fator Topográfico - Fator LS

O comprimento de rampa (Fator L) é caracterizado como sendo à distância do ponto de origem do caimento da água até o ponto em que ela decresce, propiciando a sedimentação em rupturas de uma vertente junto a vales (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Este fator é adimensional, adotando o comprimento de rampa medido em metros, sem a unidade. Adeclividade (Fator S) é o ângulo ou o índice da inclinação do terreno. Tanto o comprimento de rampa quanto a declividade influem sobre a velocidade do deflúvio e sobre as perdas por erosão e conjuntamente formam o Fator LS que se caracteriza por não possuir unidade (CARVALHO, 1994). O Fator LS pode ser calculado computacionalmente a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE). Neste trabalho o MDE utilizado foi o proveniente da missão Shuttle

Radar Topography Mission (SRTM) desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA).

No cálculo da declividade foi utilizada a formulação proposta por Bourrough (1998) implementado no programa ArcGis. O cálculo do fator L a partir do MDE adotou a seguinte formulação matemática descrita por Desmet & Govers (1996):

$$L_{ij} = \frac{(A_{ij} + D^2)^{m+1} - (A_{ij})^{m+1}}{D^{m+2} x_{ij}^m (22,13)^m}$$

Onde " A_{ij} " é a área de contribuição da célula com coordenada (i,j) (metro quadrado); "D" é o tamanho da célula (metro); "m" é o coeficiente função da declividade para a grade de célula com coordenada (i,j) onde o coeficiente "m" é obtido a partir das classes de declividade (sendo m = 0,5, se a declividade for > 5%; m = 0,4 para o intervalo de 3 a 5 %; m = 0,3 para o intervalo de 1 a 3%; e m = 0,2 para declividade inferior a 1%); "x" é o coeficiente função do aspecto para a grade de célula com coordenada (i,j), obtido pela equação $x = \sin\theta/\cos\theta$ onde θ é a direção do fluxo na vertente.

A área de contribuição consiste na área drenada à montante de cada célula, podendo ser calculado por dois métodos: D8 (O'CALLAGHAN & MARK, 1984) e D ∞ (TARBOTON, 1997). O método D8 envolve a análise de fluxo para cada pixel de uma imagem raster com base nas cotas altimétricas desses pixels. Considerando a maior declividade entre a célula central e as oito células circunvizinhas (E, NE, N, NO, O, SO, S e SE) sendo que o escoamento sempre ocorre para uma dessas oito células (O'CALLAGHAN & MARK, 1984). O método D ∞ , (TARBOTON, 1997) foi desenvolvido na tentativa de solucionar as inconsistências comuns produzidas por métodos tradicionais de cálculo de direção de fluxo, como o D8. O método D ∞ que calcula a direção de fluxo d'água de acordo com a declividade do terreno, distribuindo o fluxo proporcionalmente entre as células vizinhas, baseado na inclinação mais íngreme numa faceta triangular. O sentido do fluxo é medido em radianos, no sentido horário a partir do leste. Este método permite diferentes ângulos de fluxo e a partição da direção entre dois ou mais pixel vizinhos, o que representa o caminho seguido pelo fluxo da água de forma mais real (TARBOTON, 1997). No presente estudo foi adotado o método D ∞ , pois vários autores no Brasil fizeram trabalhos comparando os dois métodos e concluíram que este apresenta melhores resultados quando calculado para este fim (SILVA, 2001; VALENTIN, 2008; FARINASSO, 2005; MATA, 2009).

Uso e Manejo da Terra e Práticas Conservacionistas – Fator CP

O fator de uso e manejo do solo (Fator C) consiste na relação à perda de solo de uma área cultivada ou descoberta (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008). Este fator expressa o preparo do solo, cobertura vegetal e a sequência das culturas (CARVALHO, 1994), ou seja, as inúmeras interações que ocorrem em uma determinada área de cultivo (BORGES, 2009). O Fator C (adimensional) é utilizado separadamente do Fator P quando o objetivo for definir formas mais adequadas de produção para minimizar os impactos gerados pelo uso agrícola (STEIN et al., 1987).

O fator prática conservacionista (Fator P) é a relação entre a intensidade esperada de perdas de solo com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Em terrenos de encostas

a proteção oferecida por coberturas de superfície e por manuseio agrícola deverá ser associada por outras práticas que auxiliem a retardar o escoamento da água, reduzindo a erosão do solo (BRADY, 1989). As práticas conservacionistas mais comuns para as culturas anuais são: plantio em contorno, terraceamento e alternância de capinas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008).

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. No presente trabalho o fator CP foi estimado para cada classe de uso e cobertura da Terra considerando e adequando os valores obtidos por Stein et al. (1987)(Tabela 3).

CATEGORIA	USO E COBERTURA DA TERRA	FATOR CP	ÁREA (ha)	%
1c	Vegetação natural	0,00004	383.882,20	65,81
1d	Barreira de vegetação, Reflorestamento	0,00004	846,62	0,15
3	Mineração, Problema ambiental	0,25	106,96	0,02
3b	Cultura permanente	0,25	502,24	0,09
4a	Vegetação alterada	0,01	20.021,24	3,43
5b	Pecuária	0,1	64.474,67	11,05
5c	Agricultura, Pivô Central de irrigação	0,2	104.355,01	17,89
6ª	Captação de água	0	0,49	0,00
6b	Lagoa Cárstica, Massa d'água, Piscicultura, Reservatório	0	2310,86	0,40
7	Barragem	0	1,37	0,00
7ª	Área urbana, Planta industrial, Sede de propriedade, Vila/povoado	0	679,71	0,12
7b	Pista de pouso (área rural)	0	26,98	0,00
7c	Carvoaria, Granja, Uso indefinido	0,2	6.114,13	1,05

Tabela 3 - Fator CP para os tipos de uso e cobertura da Terra no município de Riachão das Neves.

O mapa referente ao fator CP é gerado a partir do mapa de uso e cobertura da Terra. Neste propósito, o presente estudo gerou esta informação a partir da interpretação de imagens pancromáticas de 8 bits do sensor PRISM (Panchromatic Remote Sensing Instruments for Stereo Mapping) presente no satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) da Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). As imagens ALOS/PRISM são de alta resolução (2,5 metros) e operam na faixa do visível com uma banda pancromática, sendo adequada para mapeamentos detalhados, como na escala 1: 25.000 (GRUEN et al., 2007; IGARASHI, 2001; KOCAMAN & GRUEN, 2008). A alta resolução espacial permite distinguir com precisão os diferentes alvos presentes na superfície terrestre facilitando o processo de interpretação. A obtenção das imagens ALOS/PRISM utiliza um conjunto de três sistemas de imageamento que permite obter simultaneamente imagens com visada nadir, inclinada para frente e inclinada para trás (Triplet), o que torna possível a aquisição de imagens estereoscópicas ao longo da trajetória. A largura da faixa de imageamento é de 35 km no modo de observação estéreo e de 70 km em observação nadir (TADONO et al., 2004). Nesta pesquisa, foram adquiridas imagens pré-processadas referentes ao produto 1B2 das imagens PRISM, que passaram por calibração radiométrica e geométrica, onde os pixels são alinhados com a grade da projeção UTM. O erro médio quadrático da precisão geométrica absoluta para a visada nadir é de 8m (crosstrack) e 9

m (alongtrack), enquanto que a precisão relativa é de 4m (crosstrack) e 3m (alongtrack) (JAXA, 2006).

No presente trabalho, com o propósito de obter uma classificação mais acurada possível foi adotado o método de interpretação visual em tela balizada por extenso trabalho de campo e informações obtidas juntos aos agricultores. No processo de interpretação foram consideradas as propriedades básicas da imagem de satélite, tais como: cor, textura, forma, estrutura e relação de contexto. No processo de interpretação visual foram também mapeadas todas as estradas e limites de plantações. No mapeamento do uso e cobertura da terra, foram adotadas as seguintes classes: vegetação natural (vegetação nativa preservada e vegetação alterada), agropecuária (agricultura, pivô central e pecuária), áreas urbanas (cidades e vilas/povoado), corpos d'água e áreas degradadas. A Figura 3 mostra o mapa de uso e cobertura da Terra para o município de Riachão das Neves para o ano de 2008, resultante do processo da vetorização manual e da interpretação visual.

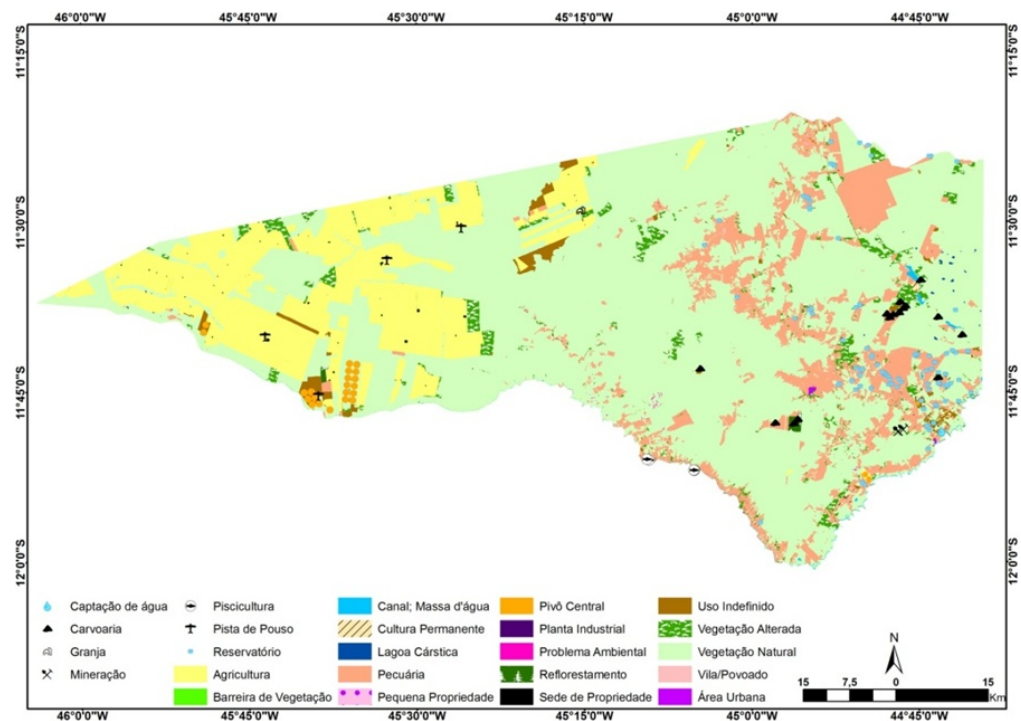


Figura 3- Cartograma do uso e cobertura da Terra do município de Riachão das Neves para o ano de 2008.

Resultados e discussões

Resultado do Fator R

O valor médio anual de erosividade (R) encontrado para a área de estudo foi de 8.184 MJ.mm/ha.h.ano, com variação de 6.3278 MJ.mm/ha.h.ano a 11.522 MJ.mm/ha.h.ano (Figura 4). Na Tabela 4 apresenta os dados das médias mensais dos índices de erosão (EI) e o fator R para cada estação pluviométrica.

Os maiores valores encontrados para R variam entre 9.000 a 10.930 MJ.mm/ha.h.ano, e estão localizados na porção leste. Em contraposição, os valores mais baixos de erosividade da chuva estão na faixa de 6.300 a 8.000 MJ.mm/ha.h.ano (Figura 4). Observa-se uma tendência

da redução dos valores de erosividade do oeste para leste, ou seja, da chapada para a depressão cárstica, passando pelo clima subúmido seco a semi-árido. Os menores valores de R são encontrados onde o clima é semi-árido com uma vegetação de transição do Cerrado para a Caatinga.

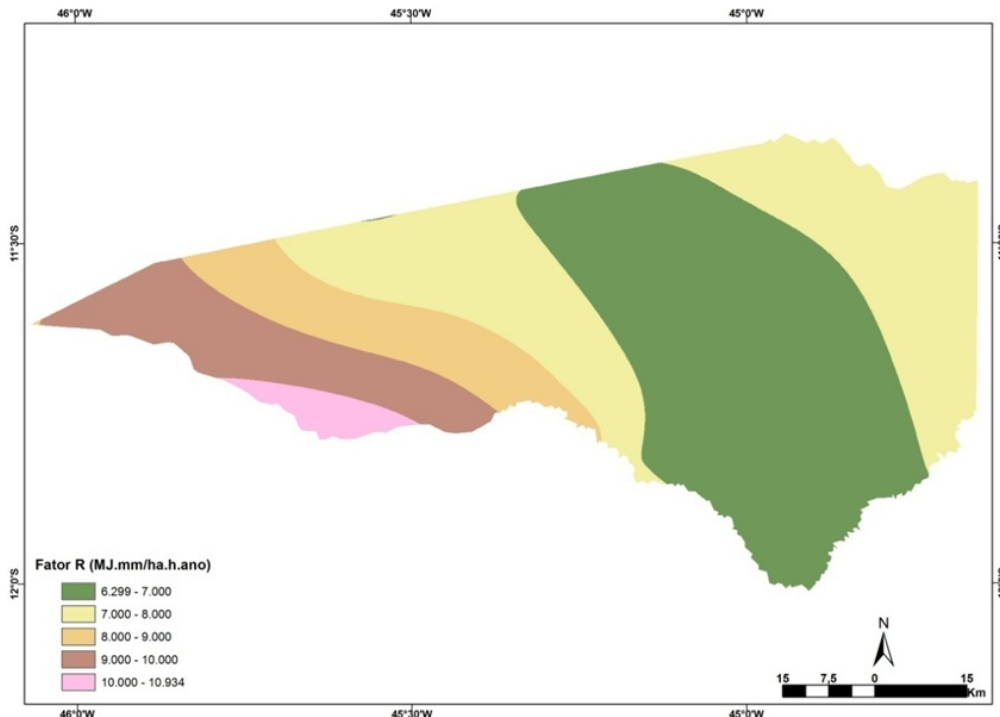


Figura 4- Mapa do Fator R do município de Riachão da Neves.

EI / Fator R														
Estação	Código	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Nov embro	Dezembro	Soma Fator R
NUPEBA	1144003	1331,9525	1155,0786	1178,3448	378,6384	10,4786	0,1341	0,0000	0,1400	24,0142	274,2053	1195,5983	1612,8930	7161,5673
FAZENDAMA CAMBIRA	1144005	1917,2172	1625,5138	1465,8897	431,2225	22,3906	1,6746	0,3973	0,0714	31,6259	430,9419	1836,7511	2156,4831	9920,1811
RIACHÃO DAS NEVES	1144012	1221,9011	967,1963	956,6898	489,8836	18,9625	4,2242	0,0009	0,2015	23,8324	302,3057	1433,8096	1324,0003	6722,8079
NUPEBA	1144015	1166,4316	775,3956	496,4689	180,7077	9,7359	0,0000	1,0070	0,0000	14,7944	88,3192	1614,1686	2641,9494	6988,9692
IBIPETUBA	1144027	1251,4288	1096,4408	1182,4814	410,4241	34,3386	0,6164	0,0693	0,5125	23,0926	313,1871	1406,0082	1679,8520	7398,4518
FORMOSA D'ORIO PREITO	1145001	1997,1119	1520,3945	1239,4493	482,0218	31,5097	0,4195	0,4660	0,2323	39,4787	481,7307	2117,3159	2775,7882	10685,9186
FAZENDA SÃO FRANCISCO	1145007	953,9764	1143,1093	1061,0515	362,0976	49,2812	0,8889	0,1236	0,1098	23,8179	480,2545	1739,3234	1062,3984	6876,4825
CAPÃO DO JERÔNIMO	1145010	2157,5729	1590,4836	804,5255	96,6889	6,0872	0,0000	0,0000	0,0000	1,8736	41,59346	2048,7814	1171,7894	8288,7081
PONTE SERAFIM - MONTANTE	1145013	2524,7429	1524,6164	1724,5766	488,1814	72,6264	1,8563	0,9842	1,7298	66,1894	671,5758	2335,6122	2688,9699	12076,4613
CARIPARE	1145019	1809,9125	1442,4165	1637,5480	265,4614	30,5998	2,3980	0,1320	1,0959	30,3301	485,0713	2001,8915	3082,6300	10739,4571
FAZENDA TRIUNFO	1145020	1001,6948	1254,0119	1313,3870	146,2524	102,8489	0,2362	0,0484	33,4261	3,1986	194,7166	1358,5304	1615,0377	7023,3812
RIO LIMPO	1145024	1335,9715	1226,0666	715,9518	789,9876	509,733	0,0000	24,3049	0,0000	11,7074	670,9112	3213,2469	1600,7804	9639,9016
CACIMBINHA	1146005	1977,6142	1464,1723	1229,2005	479,9487	115,7291	4,9925	0,0000	0,3342	27,0279	1441,5327	1424,1170	4589,6244	12734,2886
FAZENDA OTAKE	1146006	1173,8935	1042,9072	1241,7626	748,4529	62,5141	57,8848	0,0000	0,0000	23,6019	9,4922	1751,8544	1878,4062	7990,8598
COTEÇUPE	1244004	1149,2796	884,1587	1186,0157	381,2932	7,8608	0,2498	1,1704	0,6881	12,2662	315,4651	1280,3847	1607,5094	6776,3325
BARREIRAS	1244010	1456,9371	1096,8478	798,0149	380,3566	30,3419	0,9401	0,1863	0,2379	22,5041	253,6604	1473,2303	1494,9871	7008,2445
Média		1526,7268	1284,9238	1139,4598	405,8977	41,0172	4,7822	1,8053	2,4237	23,7097	426,8246	1764,1015	2055,8232	8626,9977
Desvio Padrão		489,0148	267,5691	328,8792	186,9482	33,1297	14,2495	6,9132	8,2807	15,1109	326,0992	508,1915	898,5605	2038,5446
Mínimo		953,9764	775,3956	496,4689	96,6889	6,0872	0,0000	0,0000	0,0000	1,8736	9,4922	1195,5983	1062,3984	6722,8079
Máximo		2524,7429	1625,5138	1724,5766	789,9876	115,7291	57,8848	24,3049	33,4261	66,1894	1441,5327	3213,2469	4589,6244	12734,2886

Tabela 4- Estações pluviométricas e seus respectivos valores de EI e o Fator R.

Resultado do Fator K

Os valores de K utilizados foram inseridos nas respectivas associações de solo e transformados em formato de grade (raster) com pixel de resolução 90 metros. A Figura 6 apresenta as unidades de erodibilidade do solo divididas nas seguintes classes: baixa, média e alta. As unidades com alta erodibilidade ($K > 0,03$) compreendem as áreas da Depressão Cárstica, Dolinas e Rampas que compreendem 206.815 hectares do município (35,3%). As unidades com erodibilidade média ($0,015 < K < 0,03$) compreendem as feições de Frente de Recuo Erosivo; Mesas; Chapadões; Vale Cárstico; Planície Interplanáltica; e Escarpas que totaliza 365.540 hectares (62,38%). As unidades de baixa erodibilidade ($K < 0,015$) compreendem as feições do Pontão; Veredas; Planície Intraplanáltica com a área de 13.556 hectares (2,12%). Portanto a maior parte do município (97,68%) possui erodibilidade baixa e média, sendo importante a aplicação de práticas conservacionistas no uso da terra, para evitar danos e perdas futuras do solo, diminuição da produtividade agrícola, e impactos econômicos e sociais.

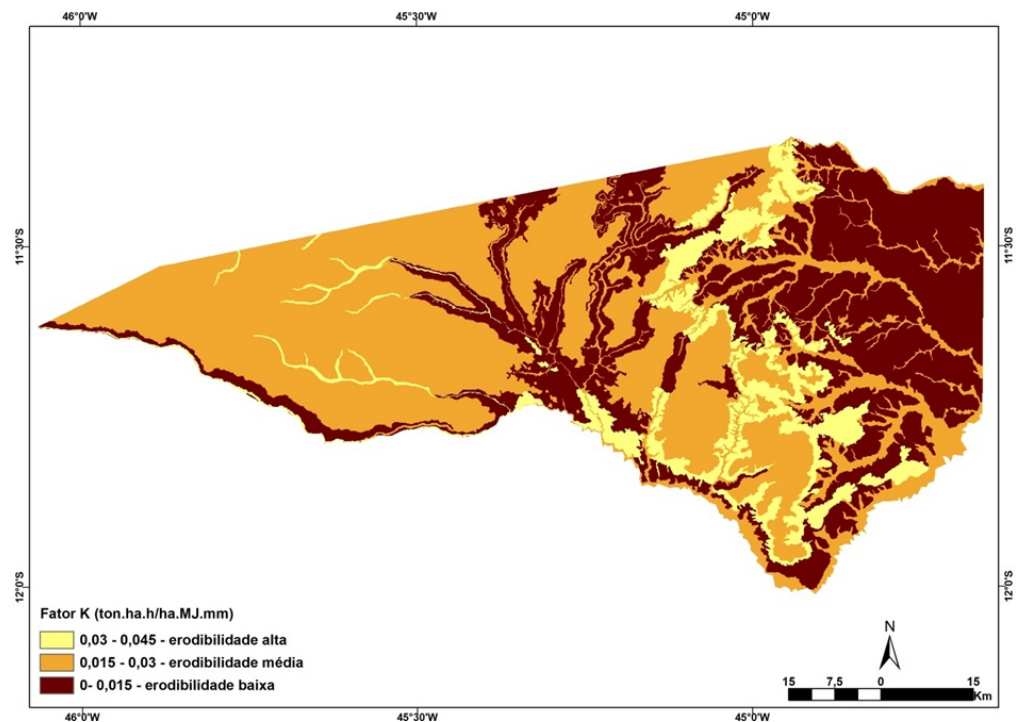


Figura 6- Cartograma do Fator K do município de Riachão da Neves.

Resultado do Fator LS

Na elaboração do fator LS foram utilizados os seguintes atributos: MDE, declividade e área de contribuição. O MDE demonstra que o município possui uma variação altimétrica de 398 metros, possuindo uma altitude máxima de 823 metros e uma altitude mínima de 425 metros (Figura 7). A partir do MDE foram gerados os atributos de terrenos relativos à declividade (Figura 8) e da área de contribuição (Figura 9). Estas informações geradas serviram de base para o processamento dos fatores LS da EUPS.

A declividade no município de Riachão das Neves foi dividida em cinco intervalos, de acordo com o proposto por Lima et al. (2010): plano (0 a 3%) com 65% da área; suave ondulado (3 a 8%) com 22%; moderadamente ondulado (8 a 13%) com 5,69%; ondulado (13 a 20%) com 5,23%; e forte ondulado (20 a 45%) com 1,10%.

O fator LS é elevado nas regiões de escarpa, borda de chapada, e pontão com presença de afloramentos rochosos. Em contraposição, as áreas com os valores menores de LS estão concentradas nas regiões de chapada, mesas e depressão cárstica.

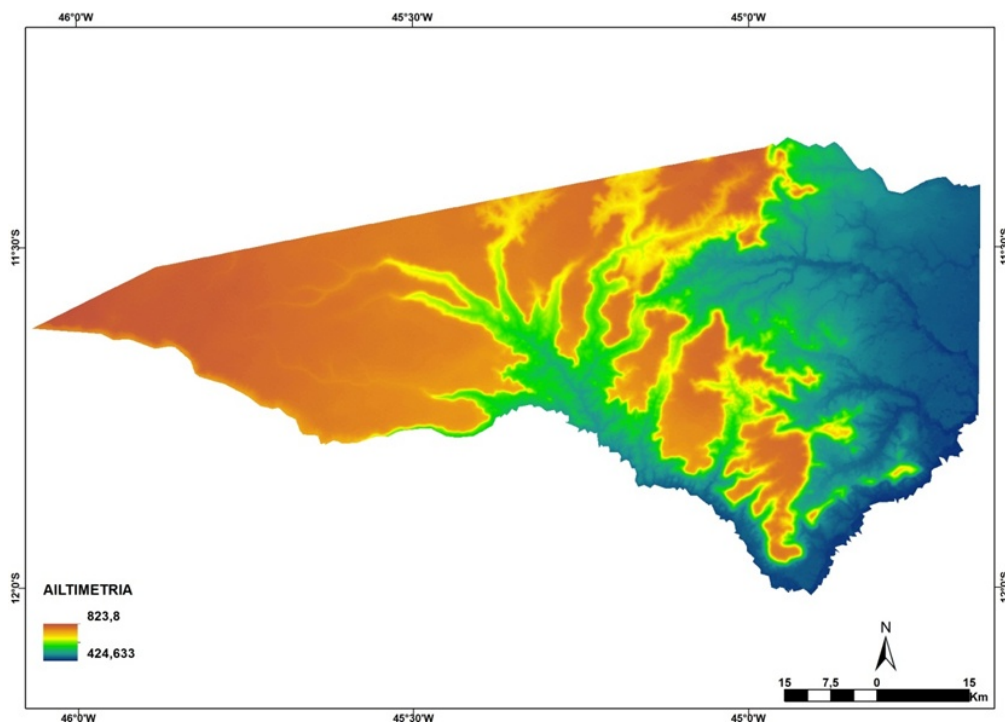


Figura 7- Cartograma do MDE do município de Riachão das Neves.

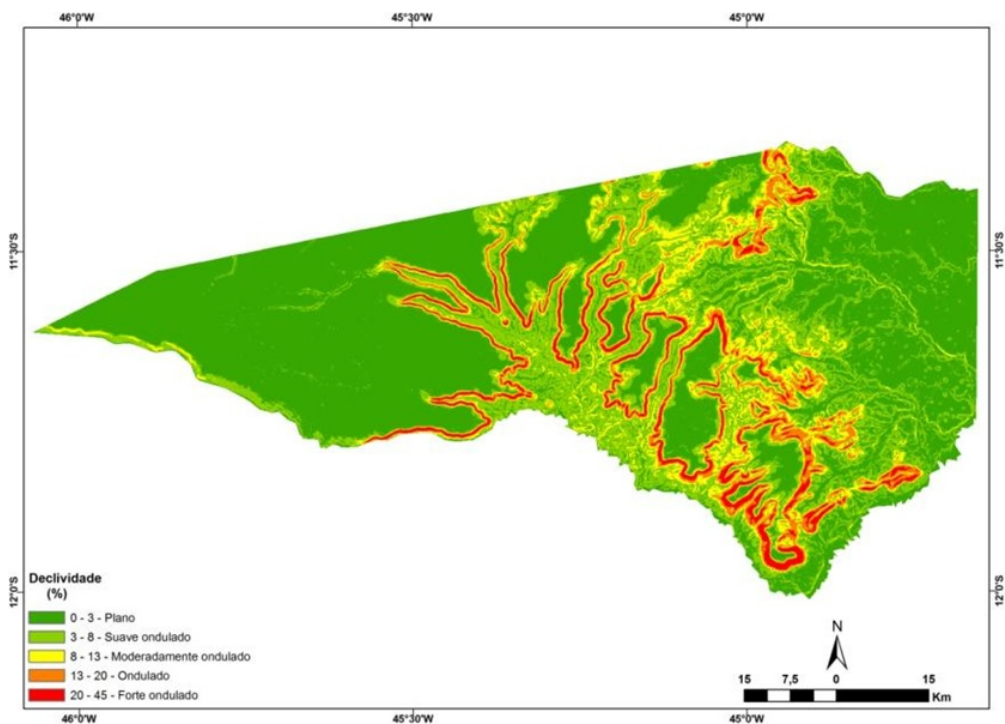


Figura 8- Cartograma de declividade do município de Riachão das Neves.

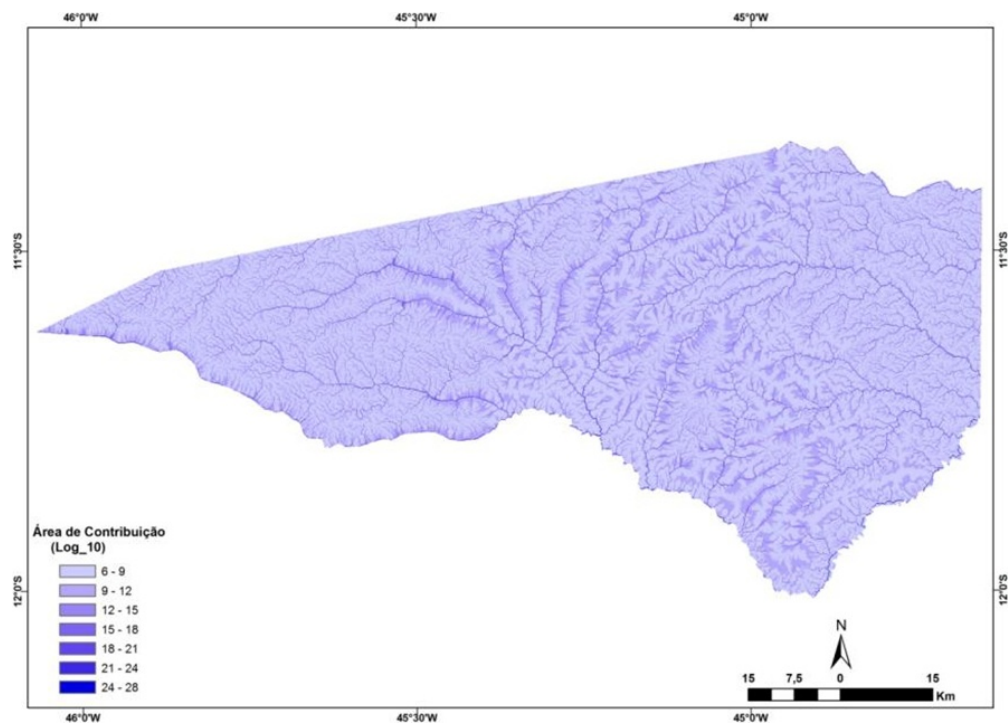


Figura 9- Cartograma do logaritmo da área de contribuição do município de Riachão das Neves.

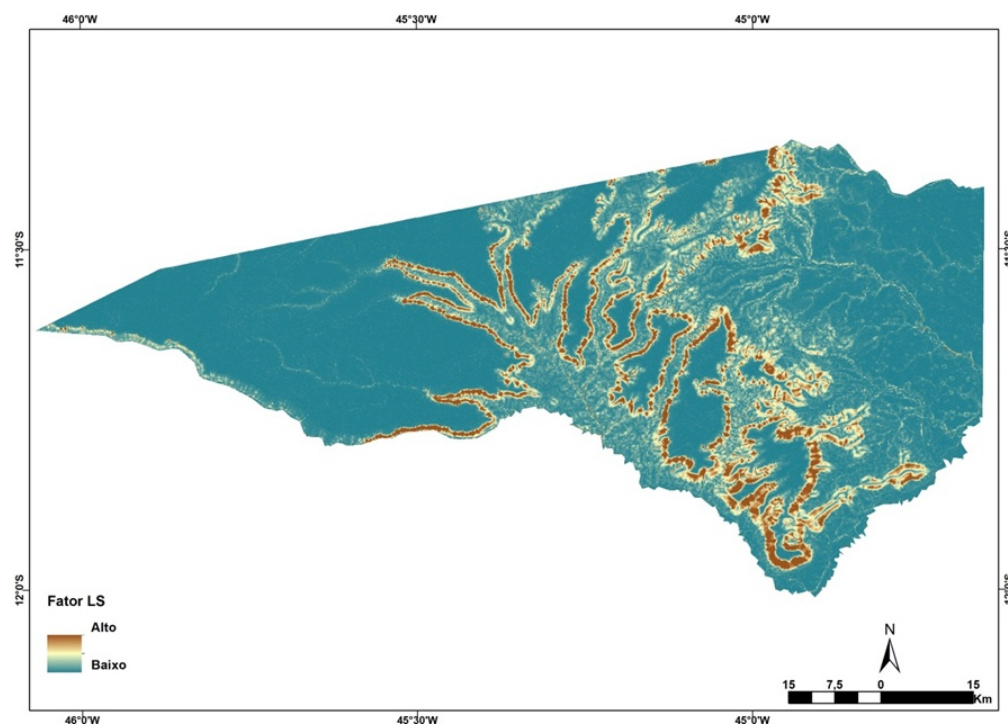


Figura 10- Cartograma do Fator LS do município de Riachão das Neves.

Resultado do Fator CP

Os valores do Fator CP para o uso e cobertura da Terra proposto por Stein et al. (1987) foram adaptados e aplicados as 24 classes identificadas no município de Riachão das Neves (Tabela 3 e Figura 11). O fator CP varia de 0 a 1, sendo o valor 1 o não uso de práticas

conservacionista em relação a perda de solo. No mapa de uso e cobertura as áreas que possuem os maiores valores para o fator CP, são as classes de mineração, os problemas ambientais identificados e a cultura permanente com fator CP igual 0,25; a agricultura, pivô central de irrigação, carvoaria e granja com fator CP de 0,2; a pecuária com fator CP de 0,1; a vegetação alterada de fator CP igual a 0,01. Já as classes que possuem os valores CP igual a 0,00004 são: vegetação alterada, reflorestamento, barreira de vegetação e vegetação natural; as classes com valores CP igual a zero são: captação de água, lagoa cárstica, massa d'água, piscicultura, reservatório, barragem, área urbana, planta industrial, sede de propriedade, vila/povoado e uso indefinido.

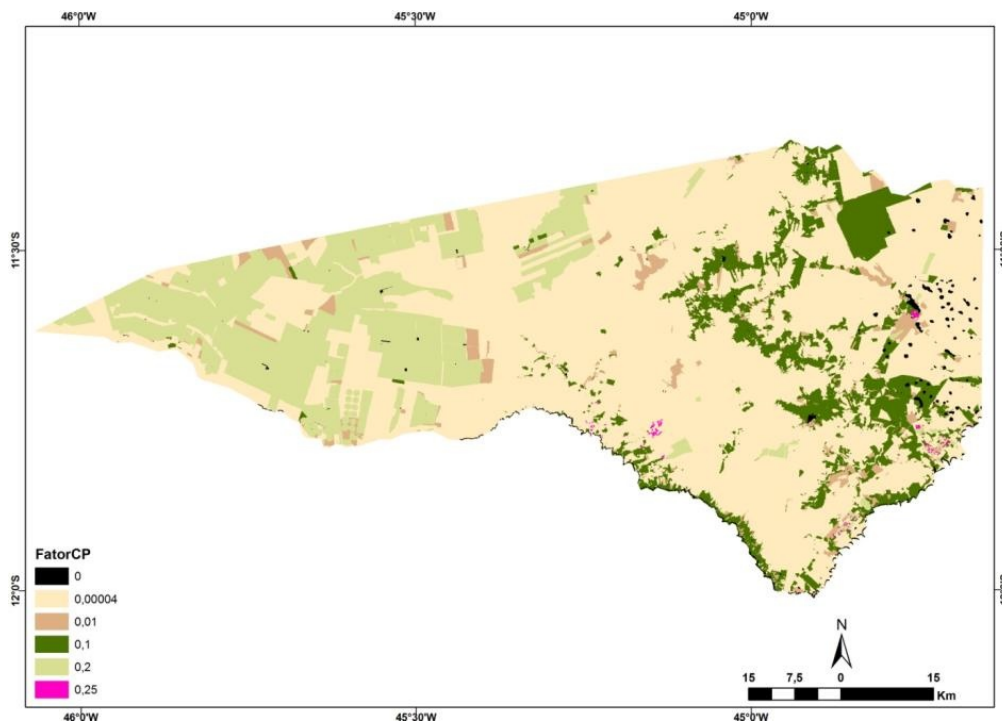


Figura 11- Cartograma do uso e manejo e práticas conservacionistas(Fator CP) do município de Riachão da Neves.

Potencial Natural à Erosão Laminar

O Potencial Natural à Erosão Laminar (Ep) corresponde às perdas de solo considerando a área desprovida de nenhum tipo de cobertura vegetal, sendo estimadas pelo produto dos termos R, K, L e S da EUPS (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008). Representa também a interação dos principais fatores naturais do meio físico intervenientes no processo da erosão laminar (BORGES, 2009). O cálculo do potencial natural considera o pior cenário possível, ou seja, solo exposto sem o emprego de práticas conservacionistas. As áreas de maior potencial erosivo (Ep) estão localizadas nas bordas de chapada e nos vales cársticos, onde a declividade é maior (Figura 12). Nas áreas planas de Chapadas o potencial de erosão mostra-se baixo.

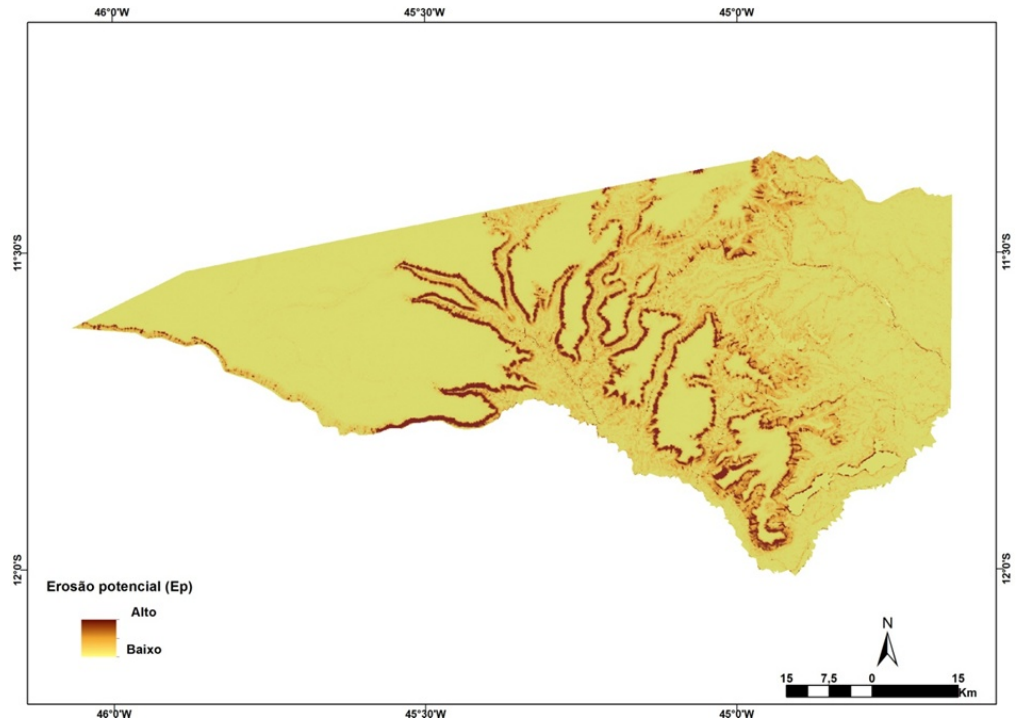


Figura 12- Cartograma da erosão potencial do município de Riachão das Neves.

Erosão atual no município de Riachão das Neves

A erosão atual é o resultado obtido do cruzamento dos fatores R, K, L e S, C e P. (Figura 13). Analisando os resultados do mapa da erosão atual e correlacionando-o com os mapas dos fatores gerados, é possível observar a forte influência dos Fatores LS e CP. Grande parte da área de estudo apresentou valor baixo para a Erosão Atual, uma vez que 88% do município possuem relevo de plano a suavemente ondulado e a cobertura da vegetação natural é de 65% da área de estudo. As regiões com maior perda de solo ocorrem nas áreas mais movimentadas da região cárstica. Ao comparar o mapa da Erosão Potencial (Figura 12) e com o mapa da Erosão Atual (Figura 13) é possível observar os efeitos da retirada da cobertura vegetal sem adoção de práticas conservacionistas.

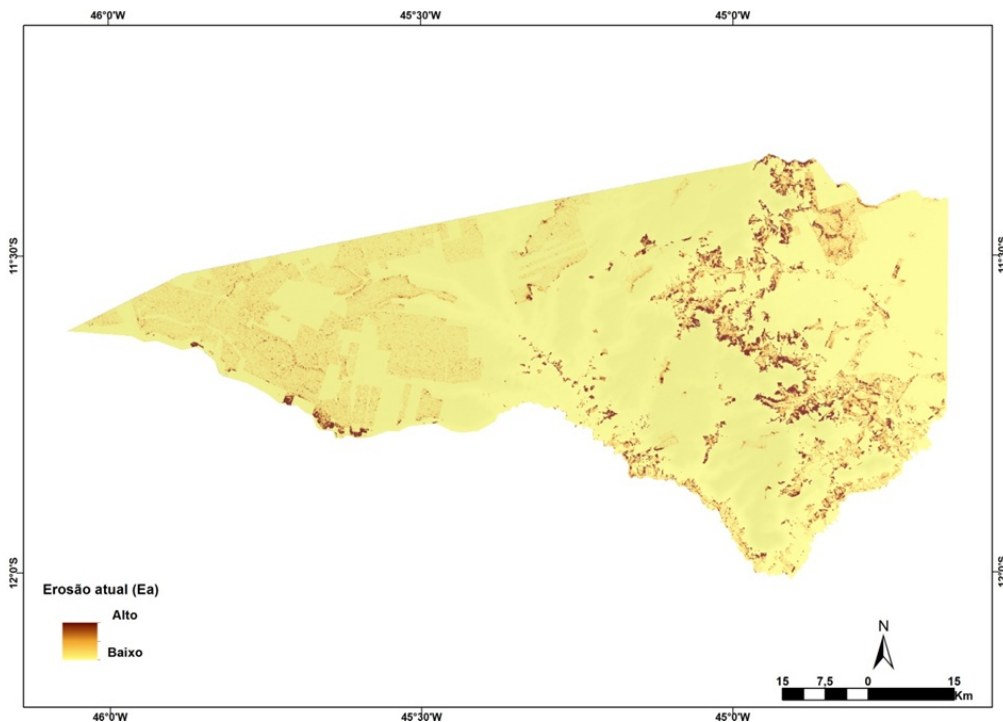


Figura 13- Cartograma da Erosão Atual do município de Riachão das Neves.

Conclusão

Neste trabalho a utilização da EUPS se mostrou viável na avaliação da vulnerabilidade à perda desolo. Em ambientes onde faltam informações torna-se necessário considerar a metodologia dentro de uma abordagem qualitativa, que apesar de não fornecer informações absolutas permite uma análise relativa, ainda adequada para o ZEE. A EUPS comparada com o método de média ponderada, normalmente utilizada no ZEE, apresenta as seguintes vantagens: facilidade para comparação de dados entre regiões, diminuição da subjetividade, e geração de um modelo contínuo com variação de pixel para pixel.

A EUPS permite avaliar a perda de solo sob diversos cenários, fornecendo dados para um melhor planejamento e manejo do uso da terra. A comparação dos cenários relativos à erosão potencial e atual salienta um aumento considerável da perda de solo no município e a importância das práticas conservacionistas. A retirada da vegetação intensifica a erosão e acarreta assoreamento dos afluentes do rio São Francisco, onde inúmeras pessoas dependem da água para a sua sobrevivência. Daí a importância de um planejamento que leva em conta a fragilidade ambiental do município.

As áreas mais vulneráveis estão localizadas em áreas de maior declividade, principalmente nas bordas de chapada. Desta forma, salienta-se a importância de manter uma faixa de preservação próximo a estas localizações, uma vez que, percebe-se o avanço das atividades antrópicas. As margens de rios, áreas críticas para preservação, apresentam também afetadas principalmente pelas propriedades de usos múltiplos localizadas na depressão cárstica.

Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem as seguintes instituições: CNPq pelo apoio financeiro dado a primeira autora do trabalho a partir do Edital MCT/CNPq nº 70/2008 - Mestrado/Doutorado e pelas Bolsas de Pesquisador dados aos autores envolvidos (Osmar Abílio de Carvalho Júnior, Renato Fontes Guimarães, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes e Eder de Souza Martins); Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP/ DF) pelos recursos financeiros obtidos através do Edital 02/2008, Processo n. 193.000. 419/2008; e ao Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais que ofereceu suporte técnico para a realização da pesquisa. Além disso, os autores agradecem os revisores anônimos da presente revista.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. ANA. HIDROWEB: Séries históricas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

ALCÂNTARA, E. H. de. & SOUZA, A. Produção de sedimentos na zona costeira da Bahia – Brasil. Revista Brasileira de Cartografia. Rio de Janeiro, v. 62/02. p 199-205. 2010.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 6 ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.

BORGES, K. M. R. Avaliação da susceptibilidade erosiva da Bacia do Rio Carinhanha (MG/BA) por meio da EUPS – Equação Universal de Perda de Solos. 2009. 80p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

BRADY, N. C. Natureza e propriedade dos solos. 7 ed. Rio de Janeiro: F Bastos, 1989, 878p.

BURROUGH, P. A., and McDONELL, R. A. Principles of Geographical Information Systems Oxford University Press, New York, 1998. 190 p.

CARVALHO, J.C. Processos erosivos no Centro Oeste Brasileiro. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006. 454 p.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, CPRM, 1994. 317p.

CHAVES, H. M. L. Aplicação de modelos na previsão da erosão. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão. 5., 1995, Bauru, São Paulo. Anais. São Paulo: ABGE, 1995. 45-54p.

CHAVES, H. M. L. Estimativa da erosão atual e potencial no Vale do São Francisco. In: Relatório Final de Consultoria. Brasília: CODEVASF-FAO, 1994. 35 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS J. S.; PALMEIRA, A. F.; SILVA E. F. Zoneamento Ecológico-Econômico. In: Florenzano, T.G (Org.). Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Texto, 2008. Cap. 10, 285-318 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE, INPE /8454/RPQ/722, 2001. 80 p.

CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P.L. & AGUIAR, A.C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. Ciência Rural, Santa Maria, v.1, n.1, p.27-36, 2001.

DENARDIN, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. 1980. 81p. Tese de Doutorado. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 1980.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A. GIS Procedure of automatically calculation the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*. v. 5, n. 5, p. 427-433, 1996.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. *Understanding GIS – The ARC/INFO Method*. New York: Wiley, 1993. 535 p.

FARINASSO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; 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 seu fatores na região do Alto-Paranaíba – PI-MA. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Rio de Janeiro. Ano 7, n. 2. p. 73-85, 2006.

GRUEN, A. & LI, H. Semi-automatic linear feature extraction by dynamic programming and LSB-Snakes. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 63, n. 8, p. 985-995, 1997.

HUTCHINSON, M.F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*.v. 106, p. 211-232, 1989.

IGARASHI, T. ALOS mission requirement and sensor specifications. *Advances in Space Research*, v. 28, n. 1, p. 127-131, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE 2009 [Online]. IBGE Cidades.Homepage:<http://www.ibge.com.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.B.R.; MONTENEGRO, FORMIGA, R.A.; BURGOS, N.; MÊLO FILHO, H.F.R. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos da Margem esquerda do Rio São Francisco Estado da Bahia, Escala: 1:1.000.000. Embrapa, SNLCS, Rio de Janeiro, Boletim Técnico 52, 773 p., 1976.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY. JAXA. 2006. ALOS Product Format Description. Disponível em: <http://stage.tks.jaxa.jp/eorcalos/PRISM_L1_J_ENa.zip>. Acesso em: 20 de Jan. de 2007.

KOCAMAN, S.; GRUEN, A. Orientation and Self-calibration of ALOS PRISM Imagery. *The Photogrammetric Record*, v. 23, n. 123, p. 323-340, 2008.

LIMA, L.A.S.; MARTINS, E.S.; GOMES, M.P.; REATTO, A.; PASSO, D.P.; CASTRO, K.B.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T.Characterização geomorfológica do Município de Riachão das Neves, Oeste Baiano, escala 1:100.000. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010, (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 295), 34 p.

MANNINGEL, A.R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda de solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

MATA, C. L. Análise multitemporal da susceptibilidade erosiva na bacia do Rio Urucuia (MG) por meio da Equação Universal de Perdas de Solos. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

MATA, C. L.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F. Avaliação multitemporal da suscetibilidade erosiva na bacia do rio Urucuia (MG) por meio da equação universal de perdas de solos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 8, p. 55-69, 2007.

MENKE A. B., CARVALHO JUNIOR O. A., GOMES, R.A.T., MARTINS, E. S. & OLIVEIRA S. N. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Luis Eduardo Magalhães (Bahia – Brasil). *Sociedade&Natureza*, v. 21, n. 3, 315-326, 2009.

O'CALLAGHAN, J.F.; MARK, D.M. The extraction of drainage networks from digital elevations data. *Computer Vision, Graphics and Image Process*,v. 28, n. 3, p. 323-344, 1984

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. *Pasturas Tropicales*, v. 22 n. 3, p. 2-15, 2002.

SANTOS, E.P. Simulações do Potencial Erosivo frente a Mudanças Climáticas em Mato Grosso/BR: experimentos a partir de técnicas de geoprocessamento e mapeamentos disponíveis na internet. 2008. Monografia (Especialização) Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2008.

- SILVA, A.M.; ALVARES, A. Levantamento de informações e estruturação de um banco de dado sobre a erodibilidade de classes de solo no estado de São Paulo. *Geociências*, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005.
- SILVA, V. C. Erosão atual, erosão potencial e aporte de sedimento na Bacia do rio Paracatu (MG/GO/DF). Tese de Doutorado. 2001. 108p. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.
- STEIN, D.P.; DONZELLI, P.L.; GIMENEZA, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na Bacia do Peixe-Parapanema. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão. 4., 1987, Marília, São Paulo. Anais. Marília: ABGE/DAEE, 1987. p. 105-135.
- TADONO, T.; SHIMADA, M.; WATANABE, M.; ROSENQVIST, A.; FURUTA, R. Overview of ALOS research and science program. In: *Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites*, 8., 2004, Bellingham, WA. *Proceedings of SPIE*, v. 5570, p. 10 – 21.
- TARBOTON, D. G. A. New method for the determination of flow directions and up slope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research*. v. 33, p. 309-319, 1997.
- TRICART, J. *Ecodinâmica*, Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 91p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente), 1977.
- VALENTIN, E.F.D. Modelagem dinâmica de perdas de solo: o caso do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto – DF/GO. 2008. 149 p. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- WEISMILLER, R. A.; KRISTOF, S. J.; SCHOLZ, P. E.; ANUTA, P. E.; MOMIN, S. A. Change detection in coastal zone environments. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 43, p. 1533–1539, 1977.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1965. 47p. (Agriculture Handbook nº 282).
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA/ARS. 1978. 58 p.