Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo território Brasileiro

Javier Dario Pulido Gómez

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas

Piracicaba 2012 Javier Dario Pulido Gómez Engenheiro Agrônomo

Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo território Brasileiro

Orientador: Prof. Dr. **GERD SPAROVEK**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas

Piracicaba 2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Pulido Gómez, Javier Dario Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo território Brasileiro / Javier Dario Pulido Gómez.- - Piracicaba, 2012.

89 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Conservação do solo 2. Erosão 3. Geoprocessamento 4. Modelagem de dados 5. Sistema de Informação Geográfica I. Título

> CDD 631.45 P981e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedicatória

ES.

A mis padres, Clara y Alcides por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMENTOS

Ao meus pais e irmão, família que me apoia sempre em todo lugar, não importa a distância os entrego meu esforço.

A minha Ariadne por todo seu amor e compreensão, por estar a meu lado quando mais precise e me voltar para a vida quando esquecer.

Agradeço em especial à professor Doutor Gerd Sparovek, por sua orientação e toda ajuda e colaboração para o desenvolvimento dessa dissertação, por nunca ter desistido de mim mesmo com toda a minha aparente falta de organização, por sempre estar presente para me auxiliar e direcionar o meu caminho.

Agradeço à professor Doutor Pablo Vidal Torrado, os puxões de orelha e as conversas em sua sala, sempre me chamando a atenção quando eu estava errado, fazendo eu modificar a minha postura, com seus conselhos.

Ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro em forma de bolsa de estudos.

Ao povo Brasileiro, obrigado.

Aos amigos, colegas e pessoas que conheci neste tempo em especial ao Gustavo e Lais, Pablo e Carol, Michelitos e Elise, Dileia, Beto, Peregrino, Ricardo, ho yes!... edemas obrigado sempre por sua amizade e ajuda quando precisava de alguém.

..a todos que sempre acreditaram em mim.

OBRIGADO!!!!!!

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 Equação universal de perda do solo (USLE)	21
3.2 Fator de erosividade da chuva (R)	23
3.3 Fator de erodibilidade do solo (K)	24
3.4 Fator topográfico (LS)	25
3.5 Fator de cobertura vegetal (C)	27
3.6 Fator de práticas de conservação (P)	28
3.7 Base de comparação e transferência de sedimentos	28
3.7.1 Taxa de transferencia de sedimentos (SDR)	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 Cálculo do fator R \ldots	31
4.2 Cálculo do fator K	32
4.3 Cálculo do fator LS	34
4.4 Cálculo do fator C \ldots	35
4.5 Base de Comparação	35
4.6 Cálculo da Produção de sedimentos (PS)	35
4.7 Validação do Modelo	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO $\dots \dots \dots$	39
5.1 Fator R	39
5.2 Fator K \ldots	42
5.3 Fator LS \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots	47
5.4 Fator C	48
5.5 Calculo da USLE	50
5.6 Base de comparação e testes do modelo	52
5.7 Validação do modelo	54
6 CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS	59
REFERENCIAS	59

RESUMO

Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo território Brasileiro

O presente trabalho é uma tentativa de validar uma metodologia para estimar a produção de sedimentos para todo território Brasileiro. Foram utilizadas ferramentas de sistemas de informação geográfica (GIS), estatística espacial, modelagem e gerenciamento de bancos de dados aplicados a conservação de solos, permitindo combinar a equação Universal de Perda do Solo (USLE) com diferentes modelos de taxa de transferência de sedimentos (SDR). A metodologia utilizou como base de teste dados da rede sedimentométrica brasileira composta de 201 bacias. As estimativas foram analisadas por regressão linear múltipla obtendo valores de R^2 de até de 46% entre dados observados e modelados. Observou-se a pouca sensibilidade do modelo USLE em relação ao fator de erosividade (fator R) quando duas observações por métodos diferentes diferem espacialmente em seus valores máximos entre 18000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ e 28000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$. Por outro lado o modelo mostrou-se sensível ao fator de cobertura do solo (Fator C da USLE) afetando as taxas máximas estimadas de erosão entre 160 $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$ ate 460 $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$. Nesse sentido a metodologia sugerida pode ser utilizada para dar indicativos sobre mudanças de uso da terra em escalas regionais e subsidiar tomadas de decisões quanto ao planejamento e gestão territorial.

Palavras-chave: Conservação do solo; Modelagem; Geoprocessamento

ABSTRACT

Estimation of erosion by the Universal soil loss Equation (USLE) and sediment transfer for Brazilian territory

This work is an attempt to validate a methodology for estimating sediment production for the whole Brazilian territory. Tools were used geographic information systems (GIS), spatial statistics, modeling and database management applied to soil conservation, allowing combine the Universal Soil Loss Equation (USLE) with different models of sediment transfer rate (SDR). The methodology used as test data of Brazilian sedimentometric network composed of 201 basins. The estimates were analysed by multiple linear regression getting values of R^2 to 46% between observed and modelled data. Noted the low sensitivity of USLE model in relation to the erosivity factor (R factor) when two observations by different methods differ in their maximum values and spatial distribution of 18000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.year^{-1}$ and 28000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.year^{-1}$. the other aspects the model proved to be sensitive to soil coverage factor (factor C of USLE) affecting the estimated maximum rates of erosion between 160 $Mg.ha^{-1}.year^{-1}$ up to 460 $Mg.ha^{-1}.year^{-1}$.

Keywords: Soil conservation; Modeling; Geoprocessing

LISTA DE FIGURAS

Figura	1 -	Gráfico exploratório do conjunto de dados (a), localização dos pluviómetros (722) com	
		valores de erosividade das chuvas distribuídos espacialmente, representado como valores	
		altos (x), médios (Δ) e baixos (o). (b) compara os valores de coordenada no eixo x com	
		os valores de erosividade e traça a curva da média (μ) amostral para identificar se existe	
		tendência no eixo, (c) compara os valores de coordenada no eixo (y) com os valores de	
		erosividade e traça a curva da média (μ) amostral para identificar se existe tendência no	
		eixo e (d) apresenta o histograma de frequências acumuladas para os valores de erosividade	40
Figura	2 -	a) Semivariograma empírico do conjunto de dados. b) Semivariograma empírico com si-	
		mulação de Monte Carlo, determinando independência espacial por métodos gráficos $\ . \ .$	41
Figura	3 -	Mapa do fator R erosividade para o Brasil ano 1988-2008, obtido por técnicas de estatística	
		espacial, identificado como R1 \ldots	42
Figura	4 -	Mapa do fator R erosividade para o Brasil ano 2006, obtido e editado de WorldClim pela	
		equação de RUFINO, identificando o mapa como R 2	43
Figura	5 -	Gráficas exploratórios dos modelos K1 e K2	44
Figura	6 -	Distribuição dos valores de erodibilidade para cada modelo e valores reportados na litera-	
		tura por ordem de solo	45
Figura	7 -	Mapa do fator K, construído através do modelo K2 equação de Shirazi e Boersma (1984)	47
Figura	8 -	Histogramas de frequências do fator S a partir de dois algoritmos trigonométricos (a) e	
		geometria diferencial (b)	48
Figura	9 -	Mapa do fator LS topográfico para o Brasil	48
Figura	10 -	Mapa do fator C para o Brasil ano 2006, identificado como C1	49
Figura	11 -	Mapa do fator C para o Brasil ano 2006, identificado como C2	50
Figura	12 -	Cálculo dos modelos USLE a partir dos diferentes fatores estimados $\ldots \ldots \ldots \ldots \ldots$	51
Figura	13 -	a, Mapa de ottobacias nivel 4. b, Mapa de ottobacias nivel trecho. Valores observados de	
		sedimentação, identificado como OTTO 4	53
Figura	14 -	Produção de sedimentos observada (SY) e modelada $(ps_x u s_y)$, de 201 bacias do Brasil $\ .$	54

LISTA DE TABELAS

Tabela	1 -	Equações usadas para determinar a erosividade anual quando, R_x é o fator R	
		$(MJmmha^{-1}h^{-1}ano^{-1}),$ para cada mês x , M_x é a média da precipitação mensal (mm), e	
		P é a média da precipitação anual (mm). Tomado e editado de SILVA (2004)	32
Tabela	2 -	$ Resumo \ das \ medidas \ de \ dispersão \ do \ fator \ R \ de \ 722 \ estações \ pluviométricas \ no \ Brasil \ (R), $	
		medidas dos dados de localização latitude, longitude enquadrando a localização do projeto	39
Tabela	3 -	Parâmetros estimados do variograma	41
Tabela	4 -	Resumo dos valores de Erodibilidade Brasil métodos K1 e K2 em $Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$	43
Tabela	5 -	Valores médios de erodibilidade por ordem de solo no modelo K2 \ldots	46
Tabela	6 -	Valores médios de erodibilidade por ordem de solo na literatura	46
Tabela	7 -	Valores de R^2 de 12 modelos de sedimentação testados $\ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots$	55
Tabela	8 -	Tabela Valores de erodibilidade em $Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$, por ordem de solo e	
		método para sua determinação e fontes, editado de site www.sorocaba.unesp.br	67
Tabela	9 -	Valores do fator C (Adimensional) reportados para varios tipos de cultura e	
		fontes	70
Tabela	10	-Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados ps5us1, ps6us1,	
		ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias trecho a partir do modelo USLE1	70
Tabela	11	-Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados ps5us2, ps6us2,	
		ps7us2, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias trecho a partir do modelo USLE2	72
Tabela	12	-Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados ps5us3, ps6us3,	
		ps7us3, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias trecho a partir do modelo USLE3	75
Tabela	13	-Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados ps5us4, ps6us4,	
		ps7us4, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias trecho a partir do modelo USLE4	77
Tabela	14	-Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados ps5us1, ps6us1,	
		ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias otto4 a partir do modelo USLE1	79
Tabela	15	-Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados ps5us1, ps6us1,	
		ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias otto4 a partir do modelo USLE2	81
Tabela	16	-Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados ps5us1, ps6us1,	
		ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias otto4 a partir do modelo USLE3	82
Tabela	17	-Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados ps5us1, ps6us1,	
		ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias otto4 a partir do modelo USLE4	84

1 INTRODUÇÃO

O solo é o recurso natural base das atividades agrícolas, florestais e componente importante da dinâmica ambiental do planeta Sparovek e Clerici (2003). O conceito de solo, no último século, sofreu grandes mudanças a partir de diferentes olhares, o que era um sistema estático, abiótico e infinito, passou a ser um sistema dinâmico, biótico, finito e em constante evolução (CAPRA, 1997; STOCKING, 1995).

Desde a segunda metade do século passado, uma série de trabalhos científicos foram publicados visando orientar o uso racional e a proteção contra a erosão acelerada do solo. A erosão acelerada é efeito do aumento das atividades humanas e da tecnificação e industrialização na agricultura, com perda de áreas interessantes de produção de bens em países em desenvolvimento. Este contexto, de entendimento dos processos que causam erosão, facilitou a geração de políticas, novas metodologias e análises para controlar, modelar e estimar a erosão (DALE; CARTER, 1955; LOWDERMILK, 1975; MARSH, 1864).

Uma série de estudos no campo da paleopedologia, desenvolvidos ao longo do século XX, discutem a forte correlação entre erosão acelerada dos solos e queda de antigas civilizações, por exemplo na Mesopotâmia, África, Grécia, e América (JUDSON, 1977; MARSH, 1864). A maioria dos autores convergem, no sentido da erosão como produto do desmatamento e do uso intensivo da agricultura (JUDSON, 1977). O problema da erosão não é exclusivo das sociedades industriais, mas sim, do aumento das taxas de perda do solo pela intensificação da agricultura (BEACH et al., 2006). As mudanças no uso da terra também são conhecidas como aceleradores da erosão (JUDSON, 1977; SELBY, 1993).

Nos anos 1970, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a partir de trabalhos de cooperação para padronização dos sistemas de avaliação e classificação de solos, preparou um dos primeiros documentos com descrições sobre avaliação. Em 1975, publicou o primeiro texto conhecido com as metodologias para a classificação e avaliação de solos, feito em escala global (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Algumas outras classificações foram desenvolvidas localmente, como no Irã e no Brasil. O surgimento destas classificações foi de grande importância para os sistemas de produção agrícola, uso racional da terra e para a qualidade de vida (FAO, 1991). Outros trabalhos das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), International Society of Soil Science (ISSS) e FAO, introduziram o termo desenvolvimento sustentável, iniciado pela Comissão de Bruntland em 1963 e modificado pela conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (MONTERO, 2003). Este contexto propiciou pesquisas sobre técnicas e aplicações para determinar os indicadores da qualidade do solo e da sustentabilidade de seu uso (BEACH et al., 2006; PERLIN, 1989; SONNENTAG, 2009).

Embora a preocupação acerca da qualidade dos solos seja antiga, o conceito é

recente e sua quantificação ainda não foi bem definida. De todo modo, a qualidade do solo está ligada à diversidade potencial de uso que determinado solo oferece e que deve necessariamente levar em conta a suscetibilidade ao processo erosivo (WARKENTIN, 1995).

A erosão do solo é um processo complexo, sua modelagem depende das diferentes variáveis próprias do solo e do nível de estudo, como a escala, qualidade dos dados, declive, vegetação, clima, processos termodinâmicos etc (WILLIAMS, 2006).

As novas perspectivas de mercados para produtos agroindustriais, como aumento na demanda, tem impactos na produção e no estabelecimento da agricultura principalmente em países em desenvolvimento. As vantagens que a inovação e o desenvolvimento de tecnologias para produção de excedentes na agricultura que Brasil oferece é o grande norte para a sociedade brasileira, assim a como a proteção da biodiversidade do país. Estas devem se submeter a novos paradigmas e com eles a novas técnicas de quantificação, avaliação e regulação por parte do governo, entidades de pesquisa e a sociedade. Segundo de ROO et al. 1996 apud Beskow et al. (2009), a determinação ou modelagem da erosão em um local, por órgãos governamentais associados ao desenvolvimento sustentável, origina políticas para um uso racional do recurso solo. Assim, modelos de simulação de erosão espacialmente explícitos são úteis para avaliar diferentes estratégias de uso da terra e aproveitamento do solo de forma eficiente e sustentável.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi estimar a produção de sedimentos para todo território Brasileiro a partir da aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (USLE) combinada com a taxa de transferência de sedimentos (SDR) e comparar os resultados com dados sedimentométricos públicos. Foi também objetivo do trabalho testar diversas metodologias de estimação dos fatores USLE (R, K, LS, C, P) para o Brasil, selecionar a combinação de melhor performance e disponibilizar todos os produtos da modelagem geoespacial em plataformas de código aberto (Open Source) propiciando livre acesso às informações geradas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Alatorre e Begueria (2009), a modelagem da erosão é baseada no entendimento das propriedades físicas da matéria que controlam os processos de desprendimento e transporte das partículas do solo. Na atualidade existem um grande número de modelos de erosão, com diferenças em complexidade e sofisticação dos algoritmos que governam o cálculo, escala e nível de detalhamento, processos que são considerados no cálculo, representação do modelo físico e tipo de calibração que exigido. Dependendo da forma matemática adotada pelo modelo para descrever o processo erosivo pode se diferenciar três tipos de modelos como: empíricos, conceituais e de base física (MERRITT et al., 2003). A grande maioria de modelos de predição da erosão estão baseados parcialmente na interpretação empírica da equação universal de perda de solo (USLE), como os modelos AGNPS (Agricultural Non Point Source Pollution), ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulator), EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator), SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Alguns modelos conceituais ou de processo são KINEROS2 (Kinematic and Runoff Erosion Model) e EUROSEM (European Soil Erosion Model) a pequena escala, o CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems). De base física os modelos WEPP (Water Erosion Prediction Project), LISEM (Limburg Soil Erosion Model), CASC2D-SED (BATHURST et al., 2004; JETTEN et al., 2003; MERRITT et al., 2003). Embora todas as críticas, a principal limitante no uso de modelos não empíricos é a discordância entre o tipo de informação requerida pelos modelos e a disponibilizada pelas distintas entidades públicas de coleta e geração de dados ambientais. Por essa razão, os modelos empíricos, tais como a USLE, são frequentemente mais usados, podendo ser facilmente implementados. Permitindo, um olhar do sistema e identificar as causas e fontes dos sedimentos (LU, D. et al., 2004).

3.1 Equação universal de perda do solo (USLE)

O termo erodibilidade do solo proposto por Cook (1936), a partir dos trabalhos de observação de Bennett (1886) e Service (1937), medindo a erosão de parcelas experimentais, permite que a partir de características descritas de textura, estrutura, matéria orgânica e composição química, descrever algumas características típicas de fenômenos erosivos e de desgaste do solo. Baseando-se nestes trabalhos Zingg (1940), publicou a primeira equação para calcular a perda do solo no campo que foi gradativamente recebendo contribuições e aperfeiçoamento. Laws (1940) e Ellison (1944), identificaram a chuva como o fator determinante da erosão, Smith (1941) acrescentou os fatores de cobertura e práticas de conservação na equação e Browning (1947), incorporou o fator de erosividade da chuva, enquanto que Musgrave (1947), apresentou a equação que com as variáveis intensidade da chuva, o tipo de solo, o relevo e a coberta vegetal (SIMONS; SENTÜRK, 1992; BARRETTO, 2007). No ano 1958, baseando-se nos trabalhos anteriores e experimentação própria, Wischmeir propôs uma metodologia para estimar a erosividade da chuva e, em 1959, o mesmo autor em conjunto com Smith combinou vários fatores como a erosividade (R), erodibilidade (K), a topografia (LS), a cobertura vegetal (C) e as práticas de conservação agrícolas (P), (FAO, 1962). Assim surge a primeira versão da Equação Universal de Perda do Solo (USLE), melhorada em 1965 e depois em 1978, expressando a quantidade de perda do solo em unidades $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$ Wischmeier e Smith (1978).

A fórmula USLE é dada pela multiplicação de coeficientes empíricos dos fatores influentes apresentados na equação:

$$A = R * K * L * S * C * P \tag{1}$$

Entre os modelos de predição de perda de solo, a USLE é amplamente usada por pesquisadores de todo o mundo para estimar as perdas de solo por atividades agrícolas (BAKKER et al., 2005). Permitindo traçar as primeiras estratégias de controle reduzindo o risco de perda de qualidade dos solos e água, otimizando o uso dos recursos na conservação dos solos, utilizando ferramentas espaciais na avaliação das taxas de perda do solo (MITASOVA et al., 1996;GAREN; GETER, 1999).

Este tipo de estratégia quase sempre procura estimar a quantidade total de sedimento erodidos anualmente na bacia, esta produção total de sedimentos tenta ser compreendida pela erosão total da bacia, composta pela erosão laminar, pela erosão entre sulcos, pelos movimentos de massa e desprendimentos do canal. A erosão laminar, é a principal fornecedora de sedimentos para sistemas fluviais (JULIEN, 1998). Apesar do que a USLE estimar a erosão laminar, tem como limitante que só representa a produção de sedimentos nas bacias, mas não estima o valor que chega diretamente ao rio pelo fluxo, porque depende estritamente da chuva como indicador de energia erosiva e não de fluxo superficial (SIMONS; SENTÜRK, 1992). Modificações posteriores do modelo como a MUSLE, Kinnell e Risse (1998), USLE-M, (RENARD et al., 1997), permitem estimar a partir do fluxo superficial o sedimento que chega ao rio. Lu et al. (2004), advertiram que a grande escala, os padrões de transferência de sedimentos aplicados para USLE são processos pobremente entendidos , a estas escalas devem-se basear em modelos empíricos que são aplicados de forma uniforme para toda a região.

A USLE é utilizada frequentemente como preditora da perda do solo no nível (escala), regional ou de bacias. Mas o uso da USLE está limitado pela confiabilidade dos dados fornecidos (GRIMM et al., 2002). Este tipo de limitação é verificado para o cálculo dos fatores R,K,L,S,C,P independentemente (GRIMM et al., 2003).

3.2 Fator de erosividade da chuva (R)

O fator R, desenvolvido por Wischmeier e Smith (1978), tenta estimar o fenômeno produzido pelas chuvas, quando as gotas de água impactam o solo nu em termos de energia cinética, medindo em unidade de energia $(MJmmha^{-1}h^{-1}ano^{-1})$ (DOERING, 2002). Originalmente, o fator R é obtido pelo cálculo do Índice de Energia da chuva para 30 minutos (EI30), para eventos superiores a 12.5 mm ou denominados "eventos erosivos", estes valores são obtidos por pluviógrafos, quando os dados de chuva são transpostos para um gráfico (pluviografia), caracterizando cada uma destas e seu comportamento temporal. O cálculo da energia cinética de uma precipitação, depende do tamanhos das gotas e da velocidade final de impacto. A intensidade total da chuva depende da quantidade precipitada para cada evento (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Quando os desenvolvedores da USLE, observaram a distribuição espacial das chuvas e sua variabilidade, decidiu-se fazer mapas de isolinhas chamados "mapas de linhas isoerodentes", usando interpolação linear para a estimação do fator R no local onde não existia coleta de dados. (FOSTER et al., 1981).

Para o fator R, apresentaram-se diferentes tentativas de estimativa com a intenção de aperfeiçoar a equação com os mecanismos de medição disponíveis, usando pluviógrafos, pluviômetros, estatística linear, etc., caso de Arnoldus (1977), Lo et al. (1985), Lal (1990), Joshua (1977), Babu et al. (1978), Stocking e Elwell (1976b), Barber et al. (1981), Maene et al. (1977), Chaves e Diniz (1981), Cooley et al. (1991) apud Renard e Freimund (1994).

A metodologia de determinação do índice de Fournier (IF) usada por Arnoldus (1977), utilizou dados de pluviômetros para o cálculo da erosividade, gerando correlações baixas comparando os dados climáticos de Norte America e do leste de África, o que gerou expectativas e modificações deste índice (IRVEM et al., 2007).

Segundo a equação:

$$IF = \frac{\sum_{i=1}^{1} 2p_i^2}{P}$$
(2)

Quando IF é o índice de energia, p_i é a média mensal de precipitação, P é a média anual. Para o Brasil, o IF permite que vários autores gerem diferentes equações de correlação com dados do fator R obtidos de pluviógrafo, para diferentes regiões do pais, em diferentes escalas, pode-se encontrar diversos valores e equações de R, enquanto é difícil representar uma grande região em uma equação (SILVA, 2004). Hudson (1977), trabalhando na África austral, observou que chuvas com intensidade abaixo de 25mm/h não produziam perdas de solo significativas. Esse autor propôs que o índice mais adequado para estimar a erosividade em regiões tropicais era o de Energia Cinética (KE > 25 mm/h). Diversos trabalhos tentaram definir a melhor equação para as chuvas do Brasil e, embora os coeficientes de correlação não sejam altos com o EI30 original, ainda são superiores aos obtidos com o KE>12,5mm/h) apud (MORAIS, 1986).

3.3 Fator de erodibilidade do solo (K)

Também chamado fator K, é descrito como o efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação de partículas e o transporte subsequente (ELLIOT; LAL, 1994). É uma medida da susceptibilidade do solo ao desprendimento e translocamento de partículas, influenciada pela textura, estabilidade estrutural, conteúdo de matéria orgânica, mineralogia das argilas e diferentes constituintes químicos do solo (ELLIOT; LAL, 1994; FOSTER et al., 1981; SONNEVELD; NEARING, 2003). O fator K representa o grau de resistência natural do solo a ser erodido, (ICKIS; RIVERA, 1997). O fator K reflete o fato que diferentes solos sofrem erosão a diferentes taxas em situações de igualdade nos demais fatores (KIRKBY; MORGAN, 1984).

Os estudos sobre índices de erodibilidade consideram características físicas do solo observadas em campo, relativas a agregação, estabilidade de agregados, capacidade de infiltração e retenção, entre outros.

O fator K de erodibilidade pode ser determinado em campo por métodos diretos, relacionando a erosividade com a perda do solo, para solos diferentes dentro de parcelas padrões em localidades distintas. Este método precisa de longas séries temporais para obtenção dos parâmetros. Outras metodologias por métodos diretos utilizam chuva simulada para diferentes solos com várias repetições, tendo assim uma grande resposta da resistência dos solos ao impacto da chuva (CORRECHEL, 2004). Devido à excessiva demanda de tempo e investimento para avaliações experimentais da erodibilidade, tornou-se necessária a estimativa do fator K por métodos indiretos, mediante regressões lineares múltiplas entre os valores medidos e outros parâmetros de fácil obtenção (MANNIGEL, 2002). Estas variáveis podem ser características físicas ou químicas do solo (MONTERO, 2003).

Originalmente, os desenvolvedores da USLE modelaram o fator de erodibilidade em função de 24 solos de textura média dos Estados Unidos de América, porém, para esse modelo específico, quando a fração de areia for superior de 65% ou a fração de argila supera os 35% este perde validade (DENARDIN, 1990). Os processos de desgaste e transporte estão influenciados por diferentes propriedades do solo, como a textura, com partículas grandes, de areia, que resistem ao transporte ou partículas pequenas de argila em micro agregados que resistem à desagregação, portanto solos predominantemente compostos por areia fina e silte são mais suscetíveis à erosão (ELLIOT; LAL, 1994). Também solos ricos em matéria orgânica tendem a retardar o início do escoamento superficial e reduzir as perdas de solo, particularmente para solos arenosos e siltosos. Em algumas pesquisas os métodos desenvolvidos para a erodibilidade da USLE apresentam baixa correlação em solos tropicais El-Swaify e Dangler, (1982), Silva et al. (2004) apud (MARTINS et al., 2011).

Angulo (1983), analisou relações entre o fator K e propriedades químicas e físicas dos solos tropicais, seus resultados mostraram que a agregação do solo, determinada pela estabilidade dos agregados em água e pela resistência do agregado ao impacto da gota, foi a característica melhor correlacionada, Houve outras tentativas no caminho de adaptar o modelo original do fator K da USLE para solos tropicais. Denardin (1990), depois de uma ampla revisão de literatura e metodológica, encontrou para solos brasileiros uma relação de $0,25 R^2$ do fator K outros autores tentam estimar a erodibilidade a partir destas equações observando como resultado principal a falta de correlação entre o fator K modelado e observado para solos tropicais.

Shirazi et al. (2001), aborda o problema quando a fração de areia for superior de 65% ou a fração de argila supera os 35% utilizando as proporções geométricas entre argila, silte e areia, obtendo a média geométrica das partículas do solo a partir do diâmetro das mesmas e o desvio padrão, utilizando estes parâmetros converte o triângulo de texturas da USDA num diagrama equivalente, baseando-se nas proporções encontradas nas partículas de solo, gerando uma resolução maior na detecção de amostras de solo classificadas dentro de uma região textural. Os mesmos autores, no ano 1988, haviam melhorado suas observações utilizando uma função logarítmica para interpolar os limites de tamanho das partículas dentro de cada fração, gerando maior oportunidade de ocorrência de valores aceitos para o valor de erodibilidade quando as outras alternativas são descartadas. A metodologia de Shirazi questionada por Buchan (1989) e Rousseva (1989), no ano 2001 uma série de publicações de Shirazi, define a validade do método sendo este entendido não por a estatística clássica, mas sim e definido como fractal, segundo as definições dadas (TURCOTTE, 1997). Logo comparações (ZHANG et al., 2008) concluem que o fator K determinados pela equação de Shirazi, entrega valores subestimados do fator K mas no intervalo de 0.0001 a $0.01 MghMJ^{-1}mm^{-1}$ aceitos na região de China. Shirazi conclui que seu modelo e constitui uma ferramenta para estimativas em larga escala ou regionais, ao proporcionar uma superfície estimada de K expressando variabilidade espacial do fator na área de estudo, também conclui que o fator K estimado pela técnica e seu uso é inadequado a pequena escala.

3.4 Fator topográfico (LS)

Os aspectos topográficos, que é a influência que o relevo exerce sob a erosão e a sedimentação, precisa de dados de alta resolução e precisão, com variáveis como a altitude média, contendo máximas e mínimas, ângulos de declive e comprimento da vertente (PINET; SOURIAU, 1988; SUMMERFIELD; HULTON, 1994). A longitude do declive (L) é definida como a distância desde o origem do fluxo superficial até o ponto onde o declive decresce, gerando o depósito de partículas erodidas, ou quando o escoamento superficial chega a uma rede de fluxo ou rio. A perda de solo aumenta ao aumentar L, o fluxo superficial é diretamente proporcional a longitude do declive, porque quando aumenta a superfície de contato ao aumentar a distância entre o ponto máximo e mínimo de altitude aumenta o arrastre da água sob o solo é gerada um maior número de partículas desprendidas (MITASOVA et al., 1996).

O fator L é expressado como:

$$L = \left(\frac{\Lambda}{22, 1}\right)^m \tag{3}$$

a equação 3 expressa a relação entre a longitude do declive e a longitude da parcela experimental padrão de 22.1 metros de comprimento, com uma potência (m).

Para a USLE, os fatores L e S são componentes topográficos, como estimadores da relação esperada da perda de solo por unidade de área sob o declive de base 9% (S) com seu respectivo comprimento de rampa de 21 metros (L), valores padrão da parcela experimental onde foi desenvolta a USLE (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Algumas pesquisas feitas por Zingg (1940), encontraram que existe uma relação entre a perda de solo e o gradiente do declive de 1.49%. Isso permitiu que estudos posteriores de escoamento superficial e perda do solo feitos por FAO (1962), concluíssem que o fator S é a função quadrática do gradiente do declive e até hoje aceito.

$$S = \frac{0,43+0,300+0,043\theta^2}{6,613} \tag{4}$$

Quando θ é o gradiente do declive expressado em porcentagem (%) e S é o fator do gradiente do declive. Mccool et al. (1987), define o fator S como a função senoidal do gradiente do declive, com coeficientes diferentes, dependendo da grandeza do grau do declive a partir do limite central de 9%, para S maior ou menor que 9% segmentando a declividade para planícies e montanhas.

$$S = 10, 8.\sin(\theta) + 0, 03; S < 9\%.$$
(5)

$$S = 16, 8.\sin(\theta) - 0, 50; S > 9\%.$$
(6)

Quando θ é o gradiente do declive expressado em porcentagem (%) e S é o fator do gradiente do declive.

Outros autores com Ribolzi et al. (2011) e Liu et al. (2000), encontraram, assim

;

como, Mccool et al. (1987), a função senoidal para gradientes do declive maiores de 30%, com diferentes coeficientes para cada faixa de declive, definindo assim uma função do fator S para terras declivosas e outra função para terras não declivosas.

O fator LS pode ser facilmente calculado no campo, para escalas da parcela experimental ou treinamento, mas a obtenção destas medidas para escalas de bacia hidrográfica ou escalas globais não é factível devido a limitações de recursos humanos e de tempo. A evolução, diversificação e disponibilidade de tecnologia aumentou desde que a USLE foi desenvolvida, permitindo um olhar diferente na aquisição e processamento de dados para seu cálculo (CA-PRA, 1997). A sofisticação dos cálculos para estimar o fator LS também vem acompanhado do desenvolvimento de software e hardware especializado para este fim, usando satélites e sensores remotos, que permitem a obtenção de informações chaves para o cálculo em nível de bacias e a escalas regionais, mediante a produção mapas de elevação digital (DEM). Entretanto, existem, relativamente poucos estudos para estimar o fator LS a partir do DEM, devido aos frequêntes erros que esta tecnologia apresenta e tenta solucionar, como também aos erros procedimentais comumente cometidos pelo fator humano (HICKEY et al., 1994; REMORTEL et al., 2001).

No geoprocessamento, a precisão do gradiente do declive depende principalmente do DEM adquirido, como também da escolha dos algoritmos envolvidos no cálculo. Alguns autores (HICKEY et al., 1994; XUEJUN; LU, 2008; ZHOU, 2004) concordam na afirmação que a precisão do DEM afeta a precisão da estimativa do grau do declive do terreno, tanto na resolução vertical como na horizontal da matriz do DEM. Mas ainda não existem trabalhos que tratem a precisão dos resultados, porque poucos estudos tentam validar os parâmetros de entrada da USLE, com os dados de perda do solo medidos em campo, da forma dado modelado versus dado observado (XUEJUN; LU, 2008).

3.5 Fator de cobertura vegetal (C)

O fator C ou fator de cobertura vegetal, também definido como uso do solo para áreas agrícolas ou de conservação, é a relação entre a erosão em solo nu e a erosão observada nas condições de cultivo ou com cobertura vegetal. O fator C combina tipos de cobertura, níveis de produção e técnicas associadas de cultivo (FAO, 1991).

A cobertura vegetal é uma das medidas de prevenção da erosão de maior importância, porque interfere na energia cinética das gotas de chuva (fator R) e reduz o efeito do relevo no escoamento superficial e subsuperficial (Fator LS), embora esta função protetora seja de difícil de avaliação (NEKHAY et al., 2009; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Kirkby e Morgan (1984) apud Flores et al. (2011), desenvolveram trabalhos de estimação de perda de solo em locais onde não existiam as informações para estabelecimento de valores do fator C em condições de campo, tomando, portanto, como referência os valores do fator C já estabelecidos na literatura. Para o Brasil, diferentes autores calcularam o fator C da USLE (tabela 10 apêndice).

Metodologias baseadas em classificação não supervisionada e semi supervisionada são utilizadas para estimar a cobertura vegetal para grandes áreas (MONTESINOS, 1995).

Estes conceitos permitiram, no ano 2003, a criação do mapa da vegetação da América do Sul pela European Commission Joint Research Centre (JRC). A principal ressalva a este tipo de técnica é a resolução espacial, que não permite uma correta determinação da diversidade da cobertura do solo, causando super valoração ou subvaloração das coberturas em função da distribuição espacial. Num contexto de grande escala, possibilita a valoração de zonas agrícolas ou comunidades de vegetação por exemplo, zonas de floresta nativa, floresta plantada, pastagens, ect. (NACHTERGAELE et al., 2009; SONNEVELD; NEARING, 2003).

3.6 Fator de práticas de conservação (P)

Representa a relação da perda de solo em presença de práticas conservacionistas específicas com o mesmo solo em ausência destas praticas. Em geral, dependendo do país, da cultura, do uso da terra e da tecnologia estas práticas podem variar.

O fator P de práticas de conservação não foi valorado neste estudo, pela incerteza no uso do solo, tipo de cultura e práticas realizadas no campo, além da escala utilizada no modelo não permitir identificar zonas de práticas comuns de técnicas conservacionistas, ou seja, por indisponibilidade de dados e pela incompatibilidade com a resolução utilizada.

3.7 Base de comparação e transferência de sedimentos

A taxa de transferência de sedimentos (Sediment Delivery Ratio - SDR) é descrita como um fator de relação entre a produção de sedimentos total da bacia e a erosão total em função da área da bacia (TRIMBLE; CROSSON, 2000; WARD; TRIMBLE, 2004).

Pesquisas de observação em erosão encontraram relações de produção de sedimentos entre as características que são explicadas pelos fatores USLE como o relevo e o clima no caso de Milliman e Syvitski (1992), eles concluem que o transporte líquido de sedimentos é uma função logarítmica da área e as maiores elevações na bacia e como a topografia afeta os valores de sedimentos encontrados nos rios. Summerfield e Hulton (1994), discutem as mesmas características, quando processos erosivos estão relacionados com características do relevo e da topografia.

A captação das partículas sedimentadas produto da erosão total da bacia e o canal devem cumprir uma série de características para pertencer ao processo erosivo que o modelador quer estimar, assim, as partículas de solo que passam ao fluxo de um rio, devem satisfazer as condições: (i) ser erodida a montante da bacia; (ii) a partícula debe se transportar por o fluxo desde onde tem origem a erosão ou o desprendimento, até a secção onde é captada. Estas condições podem limitar a taxa de transporte, dependendo da capacidade de de sedimento disponível na bacia (JULIEN, 1998).

Quando um fluxo carga sedimentos depende de dois conjuntos de variáveis. (i) Que regula a capacidade de transporte da corrente, como geometria, profundidade, inclinação, alinhamento, vegetação, distribuição de rugosidade velocidade, a força de tração turbulenta . (ii) Os que estão associados com o fornecimento, ou seja, aquele que reflete na quantidade e qualidade de material disponível para o transporte, tais como a topografia, geologia, magnitude, intensidade e duração da precipitação, uso do solo, tipo de solo, tamanho de partícula, forma, densidade, taxa de sedimentação, mineralogia, a coesão, erosão da superfície e da oferta de sedimentos afluentes (JULIEN, 1996).

A carga de sedimentos capturada pode ser dividida de três formas: segundo a fonte, tipo de movimento e o método utilizado na medição o que afeita o tipo de medição e os valores finais de sedimento. Sabendo que a carga de sedimentos esta relacionada com as características do fluxo dos rios, é difícil fazer estabelecer medição, mas é menos complexa sua predição (JULIEN, 1998; MILLIMAN; SYVITSKI, 1992; POSADA; QUICENO, 2006).

O contrário ocorre para estimar a carga suspensa de sedimentos, sendo quase nula sua determinação por qualquer dos métodos descritos anteriormente (SYVITSKI et al., 2000). Contudo, a medida de carga de sedimentos é medida diretamente no rio como carga suspendida ou é uma representação do movimento do sedimento no rio, partindo das características hidráulicas da bacia e assim inferir a carga transportada de sedimentos (JULIEN, 1998).

3.7.1 Taxa de transferencia de sedimentos (SDR)

A taxa de transferência de sedimentos, do inglês sediment-delivery ratio (SDR), calcula a relação entre a produção efetiva e a produção bruta de sedimentos, sendo a produção efetiva de sedimentos caracterizada pelos sedimentos, produzidos pela erosão que chegaram até a seção de referência da bacia (JULIEN, 1996).

Para trabalhar com o SDR existem três metodologias diferentes. i) Mediante definição de locais específicos de produção de sedimentos e dados de vazão dos rios disponíveis. Este método é chamado como Método de classificação de curva de fluxo duração Gregory e Walling (1973) apud Hydrology (2000), também chamada de técnica de retenção de sedimentos por reservatórios, que tem boa aplicabilidade em áreas pequenas mas, para bacias de áreas maiores, esta técnica apresenta deficiência de dados para o cálculo, o que é inconveniente para sua aplicação em larga escala. ii) Aplicando relações empíricas entre a área de captação da bacia e as taxas de produção de sedimentos do SDR elaborados por Roehl (1962) sugerindo que o SDR diminui com a área de drenagem, pese a sua simplicidade, não oferece o entendimento dos processos para geração de sedimentos nas bacias, mas é utilizada no cálculo em grandes áreas ou nível de estudo regional (HYDROLOGY, 2000; WARD; TRIMBLE, 2004). iii)' Descrevendo processos hidrológicos da bacia, mediante modelos baseados em processos físicos de carga e descarga tipo sedimentação deposição. Mas, pese a sua boa compreensão do fenômeno, é praticamente incalculável para bacias grandes ou estudos regionais de sedimentação (HYDROLOGY, 2000).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é o território do Brasil, oficialmente República Federativa do Brasil, é o maior país da América do Sul em extensão e o quinto maior do mundo em área territorial, equivalente a 47% do território sul-americano, O território ou superfície do Brasil, corresponde a 1,6% da superfície não submergida da terra. Para a localização ajustada do projeto utilizou-se a projeção

WGS84 Bounds: -74.0500, -35.8900, -26.1200, 7.2500. SAD69, Brasilil Polyconic

Para o cálculo da USLE aplica-se diferentes metodologias em diferentes bancos de dados com informações obtidas de instituições governamentais. O cálculo de todo o trabalho foi suportado na plataforma Linux com programas livres de geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), banco de dados e estatística. Sendo utilizados para cada uma dessas funções, respectivamente: Grass-GIS (GRASS DEVELOPMENT TEAM, 2012), Qgis (QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM, 2009), postgresql (GROUP, 2008) e R-project (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

4.1 Cálculo do fator R

Para cálculo do fator R foram utilizados os dados pluviométricos obtidos de 2156 estações climáticas da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011) dos anos 1988 até o ano 2008, com dados contínuos de pluviosidade total anual, mensal total e número de dias de chuva. Como sistema de referência, utilizou-se o sistema de coordenadas das estações climáticas (SAD 69 utm 23). Para obtenção do Índice de Founier (IF), dividiu-se a pluviosidade mensal (Pm), sob o número de dias de chuva (n.dias), sob a pluviosidade total anual (Pt), gerando valores mensais e posteriormente o índice anualizado. Segundo a equação 2

A estimativa do fator R utilizou-se a metodologia relatada por SILVA (2004), distribuindo as estações climáticas dentro de oito bacias hidrográficas e aplicando os índices de Founier da tabela 1 em cada grupo de estações.

Os dados foram obtidos por meio do banco de dados do software Hidro (ANA, 2002). O processamento dos dados utilizou-se os programas R-Project pacote geoR (RIBEIRO; DIGGLE, 2001) nas análises estatísticas e PosgreSQL, como banco de dados, para manejo dos mapas foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica GRASS-GIS(v6.12).

Os dados de precipitação foram processados pela equação 2 para gerar o Índice de Founier, segundo o descrito na revisão de literatura. Para melhor conhecimento do conjunto de dados, foi feito análises estatísticas exploratórias para conhecer a amplitude dos valores (máximos e mínimos), a distribuição de frequência dos dados, determinação da existência de tendência espacial e observar dados atípicos.

Tabela 1 – Equações usadas para determinar a erosividade anual quando, R_x é o fator R $(MJmmha^{-1}h^{-1}ano^{-1})$, para cada mês x, M_x é a média da precipitação mensal (mm), e P é a média da precipitação anual (mm). Tomado e editado de SILVA (2004)

Bacia	Equação	Fonte
1	$R_x = 3.376. \left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 42.77$	Oliveira e Medina (1990)
2	$R_x = 36.849. \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{1.0852}$	Morais et al. (1991)
3	$R_x(0.66.M_x) + 88.8$	Oliveira (1988)
4	$R_x = 42.307.\left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 69.763$	Silva (2001)
5	$R_x = 0.13.(\dot{M_x^{1.24}})$	Leprum (1981)
6	$R_x = 12,592. \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0.6030}$	Val et al. (1986)
7	$R_x = 68.73. \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0.841}$	Lombardi e Moldenhauer (1992)
8	$R_x = 19.55 + (4.20.M_x)$	Rufino et al. (1993)

Realizou-se a verificação da transformação dos dados através do teste de Box-Cox segundo a metodologia de Drukker (2001), que por meio do logaritmo da função de verossimilhança, mostra qual é o valor do parâmetro que mais aproxima os dados em uma distribuição normal.

Para geração de uma superfície interpolada do fator R, foram feitas estimativas por meio de ferramentas geoestatísticas mediante as originais técnicas de determinação de Diggle e Ribeiro (2007), os resultados foram contrapostos com um segundo banco de dados climáticos obtido do WorldClim (HIJMANS et al., 2012).

A confecção do mapa de chuvas que WorldClim oferece, corresponde a estimativa anual interpolada pelo modelo do inverso da distância, também estão disponibilizadas informações no intervalo mensal total, aplicando a equação 2 obtivemos o Índice de Founier para este banco de dados, a equação que governa o fator R para este conjunto de dados é a proposta por Rufino (1993), dada pela equação 8 da tabela 2, utilizada por LINO (2010), para determinação do fator R a em grande escala no Rio Grande do Sul.

4.2 Cálculo do fator K

Observando a incerteza no cálculo do fator K, decidiu-se utilizar 2 estratégias, a primeira, uso de modelos já estabelecidos na literatura para o cálculo do fator K a partir de informações disponibilizadas de fácil aceso, a segunda, obteve-se o valor do fator K a partir de revisão de literatura sem fazer uso de modelos, distribuindo os valores dentro do mapa de solos do Brasil, feito pela (EMBRAPA, 2003), escala 1:5000000. O banco de dados de solos RADAMBRASIL foi compilado dentro do banco de dados postgreSQL server e espacializado dentro do sistema de informações geográficas Quantum gis. As análises posteriores foram feitas no ambiente do software GRASS GIS. Os dados utilizados pertencem ao trabalho de vários

pesquisadores que coletaram dados de solo por todo Brasil, estes dados foram compilados e disponibilizados por o Professor Doutor Miguel Cooper como material de aula de conservação da ESALQ, dentro destes dados encontramos parâmetros físicos e químicos do solo e também as coordenadas de cada ponto amostral. Embora o banco de dados não descreve a estrutura, cálculou-se um valor médio entre todas as possibilidades de código entre 1 a 4 para usar dentro de todos os perfis, o valor de 1.625 foi originado para este fim. Para a permeabilidade, os valores qualitativos em 3 classes (alta, moderada e deficiente), foram transformados em valores médios: alta = 1,5, moderada = 3,5 e deficiente = 5,5. Em cada perfil, só foi considerado a profundidade de um metro para o cálculo do fator K. Uma das características importantes para a escolha é que o banco de dados responda as características e unidades que o modelo precisa para sua execução, outra característica importante é que represente a erodibilidade dentro dos limites razoáveis do fator K, sabendo que esta pode ser sub ou sobre valorada mas dentro dos limites máximos e mínimos conhecidos.

> O modelo proposto por Wischmeier e Smith (1978), chamado K1 . expresado como:

$$K = [2, 1 * 10 - 4 * (12 - MO) * M1, 14 + 3, 25(s - 2) + 2, 5(p - 3)]/759$$
(7)

Quando: K: erodibilidade do solo em $Mg - -1hMJ^{-1}mm^{-1}$; MO: quantidade de matéria orgânica em %; M: função da textura dada por M = (% silte +% areia fina) * (100-% argila); s: Código da estrutura, 1 (granular muito pequena), 2 (granular pequena), 3 (granular média a grande) e 4 (blocos ou maciça); p: Código da permeabilidade, 1 (rápida), 2 (moderada a rápida), 3 (moderada), 4 (lenta a moderada); 5 (lenta), 6 (muito lenta).

O modelo proposto no livro do modelo RUSLE (RENARD et al., 1997), desenvolvido por (SHIRAZI et al., 2001), para casos em que não se tem tantas informações do solo, utiliza-se dados de textura ou parâmetros físicos descritos no campo, chamado K2. É expressado:

$$K = 0.0034 + (0.0405 * EXP(-0.5 * ((LogDg + 1.659)/0.7101)2))$$
(8)

$$Dg = exp[(arg/100) * (ln(a) + (silte/100) * ln(b) + (areia/100) * ln(c))]$$
(9)

Quando: arg: quantidade de argila em %; a: tamanho médio da fração argila; silte: quantidade de silte em %; b: tamanho médio da fração silte; areia: quantidade de areia em %; c: tamanho médio da fração areia. Os valores de K foram explorados estatisticamente com as medidas de dispersão inicialmente e espacializados no mapa fator K2 solos Brasil .

A partir da revisão de literatura, criou-se um banco de dados com fator k para a maioria dos solos representados no mapa EMBRAPA . Ver tabela 9. Os valores para K na revisão foram atribuídos para cada tipo de solo. No caso, de diferentes valores para um mesmo tipo de solo, foi encontrado um valor médio do agrupamento. Estes dados não constituíram um mapa, foram consultados para comparações entre os conjuntos de dados e verificar se os valores encontrados pelos modelos se encontram dentro dos limites observados na prática por outros autores.

4.3 Cálculo do fator LS

Os algoritmos para obtenção do declive por meio de um DEM são divididos em dois grupos, os trigonométricos e os baseados na geometria diferencial (WARREN et al., 2005). Indiferentemente do tipo, os algoritmos são deduzidos por meio de um filtro ou quadrícula de 3x3 células, em todos os softwares conhecidos.

O primeiro grupo, baseado no algoritmo trigonométrico, estima o porcentagem do declive como a mudança da elevação z para uma certa distância do S.

$$S(\%) = 100. \left(\frac{\Delta z}{\Delta s}\right) \tag{10}$$

Em que z é a diferença na elevação (m) entre cada ponto ou célula da rede e S é a distância entre os pontos.

Os algoritmos baseados na geometria diferencial estimam a porcentagem do declive como a magnitude do vetor gradiente, por este método o declive é definido como uma função do gradiente para os eixos $X(fx) \in Y(fy)$ (N,S e W,E).

$$S(\%) = 100.\sqrt{f_x^2 \cdot f_y^2} \tag{11}$$

A partir do DEM base obtido por SRTM V1 do Brasil, 90 metros de resolução espacial, submeteu-se a metodologia trigonométrica e de geometria diferencial de estimação, gerando assim, dois mapas do fator S.

O fator L foi estimado pela metodologia (flow-accumulation), descrita por Grohmann (2004) e Sonnentag (2009), para o software R e GRASS. Esta descrição é a mesma para a maioria dos softwares de geoprocessamento e é geralmente aceita para estimar o fator L a partir do DEM.

Calculada como:

$$L = EXP(flow.accumulation.R_s)^{1.6}$$
(12)

Quando, L, é o fator L, flow.accumulation é o mapa de fluxo acumulado, R_s é a resolução do DEM. (FOSTER et al., 1981; WARREN et al., 2005)

4.4 Cálculo do fator C

A metodologia seguida para conseguir a distribuição do fator C dentro do território brasileiro foi feito através da reclassificação do mapa de uso do solo do mapeamento de cobertura vegetal dos biomas realizado pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (MMA, 2006). Uma descrição detalhada da metodologia para confecção deste mapa de uso é feito por (LINO, 2010).

Os valores de C foram obtidos pela revisão bibliografia dos autores,

Para este fator também foi feita uma reclassificação dentro do mapa de vegetação para América do Sul, criado por Nachtergaele et al. (2009), para cada tipo de vegetação ligada com um tipo de uso. Obtendo da literatura diferentes valores do fator C (ver tabela 10 do apêndice). A geração deste tipo de mapa agrupa diferentes tipos de uso como: Vegetação floresta Nativa, Vegetação floresta plantada, vegetação pastagem, vegetação Agrícola e uso Urbano.

4.5 Base de Comparação

A base de teste contém as informações de dados observados de sedimentação no ano 2006 que são contrastados com informações modeladas, para este caso, implementa-se os banco de dados sedimentométricos e de vazão da Agência Nacional de Águas (ANA), junto com o código georreferenciado da estação sedimentométrica, o mapa hidrológico do Brasil e o mapa das bacias hidrográficas. Obtendo-se119 bacias hidrográficas tipo trecho e 82 bacias hidrográficas tipo 4 com informação de produção de sedimentos em Mgha - 1ano - 1. Os valores de carga de sedimentos em suspensão utilizados para verificação do modelo foram calculados a partir dos dados de vazão média diária e concentração de sedimentos em suspensão, coletados em vinte e uma estações sedimentométricas. Foram selecionadas as estações com maior disponibilidade de dados no Sistema de Informações Hidrológicas HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA, 2005) .

4.6 Cálculo da Produção de sedimentos (PS)

Beskow et al. (2009),. compararam valores de SDR com as perdas de solo da bacia do Rio Grande em Minas Gerais estado do Brasil, encontrando respostas positivas para
alguns solos da região e relações negativas para outros, explicando que essas incompatibilidades poderiam derivar dos cálculos feitos dos fatores USLE e confirmaram a grande contribuição que o fator C tem dentro do cálculo da USLE .

O SDR pode ser expresso como

$$SDR = \frac{PS}{At} \tag{13}$$

despejando a produção de sedimentos

$$PS = At * SDR \tag{14}$$

quando At é a área de drenagem da bacia, SDR a taxa de produção de sedimentos estimada e PS a produção de sedimentométrica.

Por outro lado Miranda et al, fornece três tipo diferentes de cálculo do SDR para microbacias no estado de Rio Grande do Sul.

$$SDR = 0,451 * A^{-0,298}$$
 (15)

$$SDR = 0, 33.A^{-0,2236}$$
 (16)

$$SDR = \frac{1}{\frac{A}{2.69}}^{0,2} \tag{17}$$

Tendo assim uma maior amplitude no cálculo e na procura de correlações positivas, ao comparar a erosão hídrica modelada pela USLE e a produção de sedimentos transformada pelo SDR em erosão hídrica observada nos rios.

Com dados gerados de perda de solos pela erosão, usando o modelo USLE para Brasil, realizou-se uma série de comparações com os dados de sedimentação medida no rio, transformando a USLE, usando a SDR. Ainda que exista erosão, nem toda gera sedimentos que atinge ao rio, conhecendo este fenômeno como deposição e sedimentação. Para o cálculo do SDR, utilizou-se as equações 16, 17 e 18 identificadas para o calculo total de transferência como ps_1 , ps_2 e ps_3 nas tabelas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18, do apêndice.

Para o cálculo se utilizo a equação :

$$PS = USLE.SDR \tag{18}$$

Quando PS = Produção de sedimentos da bacia $(kg * ha^{-1} * ano^{-1}))$; USLE = Valor da erosão para cada bacia $(kg * ha^{-1} * ano^{-1})$; SDR = Taxa de Liberação de Sedimentos (%).

A determinação do tipo da bacia, depende da localização da estação sedimento-

métrica. De forma que obteve-se estações sedimentométricas de tipo OTTObacia 4 e Trecho.

O conjunto total de estações sedimentométricas no Brasil soma um total de 252 estações, com dados calculados para o ano 2006 e o conjunto total usado no estudo foi de 201 estações sedimentométricas.

4.7 Validação do Modelo

O uso de técnicas de regressão linear múltipla foi escolhido, assumindo como linear a relação entre as variáveis estudadas, estimando o coeficiente de determinação múltipla, para um modelo que descreva o comportamento dos dados, chamado de modelo adequado. O modelo corresponde à relação entre:

$$PS \ PS_x US_y + UsoBacia - 1 \tag{19}$$

quando; PS= Sedimentação medida no rio $(kg * ha^{-1} * ano^{-1})$; $PS_xUS_y = Pro$ $dução de sedimentos modelada <math>(kg * ha^{-1} * ano^{-1})$; x= SDR utilizada no cálculo; y= modelo USLE utilizado no cálculo; Bacia = agrupação de uso da terra, dentro das bacias, Baixo, Médio e Alto; (-1) é utilizado para identificar valores extremos e não computar eles dentro do modelo

A partir da inclusão da perda de solo, são utilizados os testes estatísticos F e P para justificar a adição de outras variáveis.

O ajuste da equação foi verificado pelo coeficiente de determinação R^2 ajustado para o tamanho da amostra.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Fator R

O fator R de erosividade calculado a partir das 2156 estações climáticas distribuídas espacialmente no território brasileiro. Inicialmente foi feita análise das séries históricas com todos os dados registrados, diários e por 20 ano, captando apenas estações que tivessem chuvas erosivas maiores a 12.5 mm ou 2000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$. Após esta filtragem, restaram 722 estações para o estudo. As estatísticas exploratórias do banco de dados são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Resumo das medidas de dispersão do fator R de 722 estações pluviométricas no Brasil (R), medidas dos dados de localização latitude, longitude enquadrando a localização do projeto

	\mathbf{R}	longitude	latitude
	$(MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1})$	(m)	(m)
1	Min. : 2003	Min. :-73.65	Min. :-30.970
2	$1 { m st} { m Qu.:} 4826$	1 st Qu.:-59.84	1st Qu.:-19.300
3	Median : 8180	Median :- 52.73	Median :- 11.095
4	Mean: 8629	Mean :- 53.00	Mean :-12.401
5	3rd Qu.:12161	3rd Qu.:-45.36	3rd Qu.: -4.335
6	Max. :18302	Max. :-35.03	Max. :4.630

A tabela 2 contém as medidas de disperção de erosividade com média 8180 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ e valor maximo de 18302 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$. Os dados de rango da localização geográfica também são apresentados.

A análise exploratória indica uma certa dependência espacial do conjunto de dados, já que μ não é constante na extensão dos eixos da figura 1 (b e c), e seu comportamento difere do modelo de normalidade no histograma de frequências da figura 1 (d). Isto poderia ser explicado por o uso de diferentes modelos de estimativa do fator R, dentro das oito bacias, mas a tendência também poderia ser de origem natural própria dos dados. Na prática, isto não é uma limitante para adotar o uso do kriging ordinário, porque existem metodologias de tratamento dos dados que permitem o uso da ferramenta kriging ordinário .

Foi utilizada a técnica do envelopes propostos por Ribeiro e Diggle (2001), para verificação da existência da dependência espacial do atributo. O teste de Monte Carlo, que gera 100 simulações com os valores máximos e mínimos do semivariograma, tentando estimar assim um variograma sem dependência espacial em uma área onde o conjunto de dados poderia não dependência. A confirmação por esta metodologia da não existência de dependência espacial e que μ é constante na área de estudo permite o uso de kriging ordinário na composição da interpolação.



Figura 1 – Gráfico exploratório do conjunto de dados (a), localização dos pluviómetros(722) com valores de erosividade das chuvas distribuídos espacialmente, representado como valores altos (x), médios (Δ) e baixos (o). (b) compara os valores de coordenada no eixo x com os valores de erosividade e traça a curva da média (μ) amostral para identificar se existe tendência no eixo, (c) compara os valores de coordenada no eixo (y) com os valores de erosividade e traça a curva da média (μ) amostral para identificar se existe tendência no eixo, (c) compara os valores de coordenada no eixo (y) com os valores de erosividade e traça a curva da média (μ) amostral para identificar se existe tendência no eixo e (d) apresenta o histograma de frequências acumuladas para os valores de erosividade

Através do teste de boxcox inferiu-se a necessidade de transformação dos dados para um ajuste normal, reafirmando que o conjunto de dados é proveniente de dados climáticos e seu comportamento poderia ser não normal (RIBEIRO; DIGGLE, 2001).

Analisando os dados por a técnica de box-cox, parece não haver problemas com a homogeneidade da variância dentro da estimativa do fator, além disto, os valores da erosividade obtidos e comparados com os reportados na literatura representam bem o intervalo onde o fator R de Brasil pode existir.

Os valores mínimos foram ajustados no cálculo do fator R para chuvas erosivas de modo que para o fator R só valores maiores de 2000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$, são permitidos na elaboração do mapa. Alguns autores como SILVA (2004) e MARTINS (2011), encontraram valores superiores a este valor com chuvas simuladas ou faixas de tempo menores a 10 anos.

Na elaboração do variograma da figura 2, são calculadas semivariâncias para todos os pares de dados transformados por o log(norm) gerando uma nuvem de variância do dado de erosividade, para depois gerar o variograma empírico dentro das distâncias máximas e



Figura 2 – a) Semivariograma empírico do conjunto de dados. b) Semivariograma empírico com simulação de Monte Carlo, determinando independência espacial por métodos gráficos

mínimas do conjunto de dados com algumas outras informações importantes para a modelagem do variograma, no qual é ajustado a um modelo que explique a distribuição da erosividade, como são: (τ) Tau, (ϕ) phi e (σ) sigma. Chamados também range ou alcance, nugget e sill ou cadeira.

O modelo Gaussiano ajusta-se ao variograma calculado com os valores da tabela 3, descrevendo o comportamento dos dados. Por técnicas de semiverossimilhança foi confirmada a hipótese do ajuste do modelo.

Tabela3-Parâmetros estimados do variograma

	cov.model	sigmasq	ϕ	au	kappa	kappa2	practicalRange
1	gaussian	21703874.26	6.32	3215388.78			10.9387676456398

Na figura 3 apresenta-se o mapa do fator R, estimado pelo método de estatística espacial (R1) ou de erosividade para o Brasil.

As informações de precipitação obtidas de WorldClim foram analisadas e processadas para obter o IF a partir da matriz de dados já interpolada pela técnica do inverso da distância. Pelo fato de não ter informações de bacias dentro do produto de WorldClim, optouse por usar a regressão linear utilizada na metodologia de LINO (2010) para gerar o fator de erosividade R dentro da equação 8 na tabela 1, quando, $R_x = 19.55 + (4.20.M_x)$ Rufino et al. (1993).



Figura 3 – Mapa do fator R erosividade para o Brasil ano 1988-2008, obtido por técnicas de estatística espacial, identificado como R1

Desta forma construiu-se o mapa do fator R da figua 4 obtido por informações facilmente adquiridas de servidores de dados climáticos mundiais.

Os valores gerados por cada metodologia entregaram resultados diferentes tanto na magnitude da erosividade como na distribuição desta dentro do território. O modelo R1 identificou como zonas de maior erosividade o Noroeste brasileiro, sendo a amazônia identificada pelo método como uma região de valores médios do fator R quando ela é descrita como zona de alta pluviosidade. A filtragem das estações de continuidade na tomada de dados e os valores menores de 2000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ estimados foram determinantes no resultado final do mapa do R1, por outro lado o modelo ajustado pelos dados fornecidos por WorldClim apresentaram uma distribuição diferente, onde a Amazônia apresenta os maiores valores do fator R com ate 28000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$, sendo representativo daquela região as altas pluviosidades. Se espera que na combinação final da USLE por estes resultados existam diferenças que indiquem a sensibilidade da USLE aplicada a grande escala quando existem mudanças na erosividade.

5.2 Fator K

Na construção e desenvolvimento do fator de erodibilidade do Brasil, se fez necessário o uso do mapa base mapa de solos do Brasil produzido pela EMBRAPA no ano 2003 e o banco de dados de solos de RADAM Brasil, que contém as informações de textura, estrutura



Figura 4 – Mapa do fator R
 erosividade para o Brasil ano 2006, obtido e editado de WorldClim pela equação de RUFINO, identificando o mapa como R2

e alguns parâmetros químicos, também a georreferência de cada perfil de solo, espacializando o banco de dados dentro do mapa base. O banco de dados é importante para construir o fator K dentro do modelo proposto por a estrutura dele, assumindo as características de estes conjunto de dados como são, a ordem de solos, o tipo de solo, parâmetros de textura e químicos do solo.

Apresenta-se o resumo do mapa do fator k na tabela 4. Este mapa base contém além das informações de distribuição dos solos, os valores de erodibilidade obtidos pelos modelos K1 e K2 expressados na metodologia.

Tabela 4 – Resumo dos valores de Erodibilidade Brasil métodos K1 e K2 em $Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$

cat	k1	k2
Min. : 1	Min. :-0.86499	Min. : 0.006044
1 st Qu.:2091	1st Qu.: 0.03775	1st Qu.: 0.006044
Median :4208	Median: 0.10340	Median: 0.014491
Mean:4213	Mean : 0.19276	Mean : 0.021213
3rd Qu.:6342	3 rd Qu : 0.32018	3rd Qu.: 0.038838
Max. :8389	Max. : 1.26487	Max. : 0.043900
NA's : 23	NA's : 23.00000	NA's : 23.000000

Algumas das dificuldades para o ligar os banco de dados dentro do mapa de solos é a escala de trabalho dos mapas e que não existem parâmetros semelhantes para realizar a ligação entre as tabelas, ainda que se pode fazer o vinculo por localização, alguns dos polígonos de solo podem conter dois ou mais perfis de solo com distinta ordem. Para deixar só um perfil por polígono foi preciso gerar uma media entre os perfis com a mesma ordem e eliminar os perfiles discordantes. Com os polígonos sem perfil foi feito um procedimento de cálculo do polígono mais próximo com o mesmo tipo de solo , atribuindo os valores a este. O analiseis exploratório do mapa de erodibilidade do Brasil, apresentou valores dentro do rango reportado pela literatura, de entre 0.006 e $0.01 Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$, mas a distribuição das frequências dos valores K foram menores de $0.05 Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$ e acumulada em valores abaixo do $0.006 Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$.



Figura 5 – Gráficas exploratórios dos modelos K1 e K2

Os histogramas de frequência e os boxplot indicam para o modelo K1 uma distribuição normal com media $0,04 \ Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$ e valores máximos de 1,2 e mínimos de $-0,6 \ Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$ encontrando estos valores sub e sobre estimados em solos com conteúdos de argila maiores a 35% e de areia do 65% tal e como é discutido na literatura. Por em o modelo K1 es invalidado para o cálculo do fator K. O modelo K2 apresentou valores de 0,006 $Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$ agrupando quase a metade dos solos argilosos nestos valores e solos arenosos no outro extremo com valores de 0,4 $Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$, ainda que a distribuição dos valores K2 não seja normal por ser determinado a partir de uma equação logarítmica e ao ser comparado com os dados de literatura o intervalo do modelo alcança só 50 % dos alcances reportados para o fator K.

Uma melhor compreensão da variabilidade do fator K dentro de cada ordem de solo é apresentada na figura 6 de análises de boxplot do dado modelado vs dado reportados, na figura apresenta-se as medidas de dispersão da erodibilidade por ordem de solo vs dispersão do fator k reportado.



Figura6-Distribuição dos valores de erodibilidade para cada modelo e valores reportados na literatura por ordem de solo

Na figura do boxplot onde é comparado o fator K por dois modelos e os valores reportados na revisão, se evidencia que não existe um consenso dentro da determinação do

fator de erodibilidade. Mas também a maioria de dados obtidos de literatura foram estimados por chuva simulada ou por o modelo de Denardin (1991), observado na tabela 6 do apêndice. Só para este fator se poderia discutir a existência dos valores do fator K no intervalo entre 0,006 e $0,04 \ Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$, quando não existem outras informações que validem ou neguem esta afirmação.

Tabela 5 – Valores médios de erodibilidade por ordem de solo no modelo K2

\mathbf{AC}	AR	CH	CX	\mathbf{ES}	\mathbf{FF}
0.025572679	0.010409398	0.019717650	0.026136282	0.018450700	0.025402224
\mathbf{FX}	GJ	GX	GZ	\mathbf{LA}	LB
0.026052421	0.020461039	0.012754274	0.011078523	0.017992590	0.015651193
LV	LVA	na	MD	ME	MT
0.023111575	0.023264085	0.009236783	0.034898173	0.020596389	0.031389328
NV	NX	OY	PA	PAC	PV
0.018530076	0.015363024	0.018152907	0.015890819	0.023268322	0.027336870
PVA	RL	\mathbf{RQ}	\mathbf{RR}	RU	\mathbf{SG}
0.024082131	0.020385770	0.021070507	0.026995310	0.017982087	0.024259985
SN	\mathbf{SX}	TC	VC	VE	na
0.028127468	0.030332587	0.028099782	0.022293982	0.023951123	na

Tabela6 – Valores médios de erodibilidade por ordem de solo na literatura

AC	CX	ES	GX	LA	MD	ME
0.04825098	0.05082429	0.05925000	0.03612333	0.01624781	0.04383000	0.01835000
MT	NV	NX	OY	RL	\mathbf{RQ}	\mathbf{SG}
0.03070000	0.02554000	0.01927500	0.06096667	0.03639667	0.03205000	0.02980000
SN	\mathbf{SX}					
0.00510000	0.00203000					

A análise de médias apresentada nas tabelas 5 e 6 contém os valores médios agrupado por ordem de solo modelado e reportado, como não existem informações do valor de K para todos os solos do Brasil e a revisão bibliográfica feita também não encontrou o fator K para todas as ordens do Brasil, se apresenta só uma parte de eles.

O mapa do fator K construído por o modelo K2 é apresentado na figura 7 com a distribuição da erodibilidade dos solos do Brasil.

No mapa do fator K para os solos do Brasil escala 1:5.000.000. É feito só para efeitos de distribuição da erodibilidade no Brasil e obter uma variância de uma certa estimativa deste fator para cálculos da USLE e não é recomendado para outros usos.



Figura 7 – Mapa do fator K, construído através do modelo K2 equação de Shirazi e Boersma (1984)

5.3 Fator LS

Na figuras 8 apresenta-se os histogramas fator S por estimação trigonométrica (a) e mapas fator S por estimação de geometria diferencial (b).

Nesta figuara (a), observa-se a acumulação do 70% na cobertura do mapa com baixas declividades do tipo menor a 9% e valores máximos de 16% pelo método trigonométrico e pela metodologia da geometria diferencial (b), o agrupamento do lado esquerdo do histograma indica que perto de 90% da cobertura do mapa encontra-se com valores entre menores ao 5% de declividade, o que seria uma complicação ao estimar o fator S pela metodologia de Mccool et al. (1987), aos estimadores de declividade por geometria diferencial.

O fator L, foi estimado pela metodologia de acumulação de fluxo a partir da guia do fluxo, criando linhas de fluxo dentro do mapa, a imagem de saída, representa o número de células contadas desde a célula mais baixa até a célula mais alta, isto gera um área de cálculo que finalmente ao multiplicar esta área pela resolução do DEM, obtemos a longitude de cada declividade.

Na construção do fator topografico LS multiplicou-se os mapas fator S trigonométrico e fator L , apresentando na figura 9. O fator LS é adimensional, na legenda é apresentada sua magnitude sem unidades.



Figura 8 – Histogramas de frequências do fator S a partir de dois algoritmos trigonométricos (a) e geometria diferencial (b)



Figura 9 – Mapa do fator LS topográfico para o Brasil

O fator LS apresenta valores mínimos de 0 e Máximas de 10,9 unidades de LS, amostrando valores baixos na estimativa do fator.

5.4 Fator C

O fator de cobertura foi um dos fatores que apresentou maior complexidade dentro do conceito GIS, porque a escala de trabalho só permite agrupamentos de uso do solo o que produz a incapacidade de determinação do fator P. Na construção deste fator foram feitas diferentes metodologias de estimação, entre elas, a designação das estatísticas do IBGE dentro dos polígonos dos municípios brasileiros, mas esta metodologia não permite saber a localização do tipo de uso da terra dentro de cada polígono e só representava uma certa quantidade do fator C.

No laboratório de Geoprocessamento da ESALQ foi elaborado o mapa de agrupamento de uso da terra obtido pela mistura das estatísticas municipais do IBGE e do índice de vegetação das imagens lansat e os mapas dos biomas brasileiros do PROBIO, distribuindo os valores tabulares nas zonas onde possivelmente este valor se encontre dentro do território brasileiro. Para cada tipo de uso foi procurado um valor médio do fator C segundo reportado na literatura. Na tabela 9 (apêndice), contém os valores do fator e sua fonte para diferentes usos da terra, foram calculados valores médios e utilizados na reclassificação do mapa de uso gerando o mapa apresentado na figura 10 apartir dos valores de uso: Agricultura Temporaria 0,1308, Agricultura Permanente 0,4283, Pecuaria 0,0636, Vegetação Nativa 0,0001, Vegetação Floresta Plantada 0,001.



Figura 10 – Mapa do fator C para o Brasil ano 2006, identificado como C1

Outra metodologia foi implementada através do mapa de vegetação produzido por Nachtergaele et al. (2009), onde possível agrupar diferentes tipos de uso da terra, apresentados na tabela 10 com as magnitudes do fator C e a revisão de literatura de onde obtivemos o fator.



Figura 11 – Mapa do fator C para o Brasil ano 2006, identificado como C2

Na figura 11, o fator C é distribuído designando os valores para cada célula do raster apresentando pouca variabilidade na cobertura agrupando os usos Agricultura Permanente 0,4283, Pecuaria 0,0636, Vegetação Nativa 0,0001. O conjunto de mapas estimados guarda a mesma distribuição dos usos do solo, mas o mapa C1 contem 5 segmentações de uso e o C2 possui 3, estas segmentações do uso serão interessantes na discussão da sensibilidade do método.

5.5 Calculo da USLE.

Os diferentes fatores encontrados por distintas metodologias reportadas, foram processados para construir uma matriz de mapas que ao multiplicar-se podem entregar diferentes valores de estimativa da erosão hídrica os resultados de estas interações é apresentada na tabela 7 com diferentes valores da erosão.

Analisando a tabela 7 as mudanças do fator R dentro dos modelos USLE não representa uma grande diferencia no valor final de erosão, ainda que os valores e as metodologias de estimação sejam diferentes e os valores de erosividade sejam quase um 50% maiores no mapa de WC, a sensibilidade da USLE a ista mudança não incrementa os valores de produção de erosão hídrica tanto assim. Os modelos que apresentam maiores diferenças são os estimados com diferentes mapas de uso, ainda que estes guardem similitude na distribuição do uso o fator C1 contém separação por estadísticas de produção agrícola por municípios e tenta estimar a produção de bens agrícolas temporários e permanentes, florestais nativos e plantados o que produz uma diminuição na frequência de valores altos do fator de cobertura C, isto é evidente ao comparar com o mapa do fator C2 que não diferencia este tipo de agricultura e agrupa toda a



Figura 12 – Cálculo dos modelos USLE a partir dos diferentes fatores estimados

parte agrícola dentro de valores altos ou maiores a 0.4 unidades de C, produzindo valores nestes agrupamentos de até 400 $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$. Os valores de erodibilidade e do fator topográfico LS, não tiveram um par de comparação, porém, eles constituíram a base constante para as observações anteriores de C e R, contudo, estes valores devem ser testados e contrastados com outros modelos ou metodologias, já que resulta em mais cenários de comparação e como eles afetam os modelos de estimação de erosão, que posteriormente poderiam ser validados e obter estimativas de aumento ou diminuição, segundo seja o caso para definir estratégias na mudança de uso ou prever ações na mudança climática. Estas observações também se evidenciam em Lino (2010), quem obteve comportamentos semelhantes na estimativa da erosão hídrica quando afetaram os componentes de cobertura. Entretanto, as informações sobre uso da terra ainda são carentes, imprecisas e não tem correspondência para estimar o fator de praticas de conservação, o que é causa uma estimação parcial da erosão. No entanto, relações negativas entre a precipitação anual e as taxas de erosão são reportadas, encontrando elementos comuns, principalmente na relação das mudanças da erosão a partir da influência de variáveis como a cobertura vegetal, erodibilidade e as médias de precipitação analisadas temporalmente RENARD et al. (1997). Alguns outros trabalhos publicados por Founier (1960), apud Irvem et al. (2007), encontraram que os valores altos de precipitação governam a denudação dos solos e as variáveis topográficas são secundárias, mas igualmente importantes na hora de explicar o processo, corroborando os diferentes resultados encontrados na estimação da erosão.

5.6 Base de comparação e testes do modelo

Com o objetivo de comparar os resultados dos diferentes modelos USLE com dados de sedimentação das bacias hidrográficas, foi distribuída a rede de estações sedimentométricas brasileira, dentro dos diferentes niveles de otto-bacias, atribuindo os valores sedimentométricos a cada polígono da bacia, na figura 12 observa-se os 2 diferentes niveles de otto-bacia trabalhado (a) e (b).



Figura 13 – a, Mapa de ottobacias nivel 4. b, Mapa de ottobacias nivel trecho. Valores observados de sedimentação, identificado como OTTO 4

Cada bacia foi ligada a cada estação sedimentométrica pelo código da estação e pela codificação da rede hidrográfica, de esta forma foi calculada a área total da bacia hidrográfica através do polígono correspondente e comparada com a área reportada pela ANA, ate encontrar um área comum onde a USLE poderia ser transformada através do SDR e comparada com a sedimentação dos rios. Assim aplicando as equações 16, 17 e 18 a cada uma das 4 equações USLE foram obtidas 12 estimações diferentes de sedimentação para o Brasil. Estas estimações apresentadas nas tabelas 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 do apêndice, contem os valores de produção de sedimentos observada (SY), produção de sedimentos modelada $ps_x us_y$ quando (x) é o identificador da equação SDR utilizada e (y) é o identificador da equação USLE. A partir de esta distribuição se efetuaram analiseis explorativas para identificar anomalias nos valores modelados de sedimentação apresentados na figura 13 em $kgha^{-1}ano^{-1}$.



Figura 14 – Produção de sedimentos observada (SY) e modelada $(ps_x us_y)$, de 201 bacias do Brasil

Da figura 13 observa-se como os modelos ps1us1 até o modelo ps3us4 cálculados com o fator C2 de coberturas estimam em maior quantia a produção de sedimentos que os modelos calculados com o fator C1, além disso, os modelos ps1us1 ate ps3us2 cálculados com diferentes fatores R não apresentaram mudanças grandes na estimativa de sedimentos.

5.7 Validação do modelo

Foi gerada uma regressão linear múltipla para comparar dados medidos e modelados, num modelo completamente aleatorizado, para que a teoria probabilística seja aplicável e poder estimar os valores de SY assim mesmo suponha se que os valores da população SY são normais. A variável SY se chamara variável dependente e as variáveis $ps_x us_y$ de independentes ou argumentativas.

A regressão lineal múltipla da equação 20, entre sedimentação medida e modelada resultou no seguintes resultados tabela 8.

Modelo	\mathbf{SDR}	R^2
USLE1	16	0,4593
USLE1	17	0,4592
USLE1	18	0,4593
USLE2	16	0,4233
USLE2	17	0,4606
USLE2	18	0,4602
USLE3	16	0,3863
USLE3	17	0,3869
USLE3	18	$0,\!387$
USLE4	16	0,3873
USLE4	17	0,3875
USLE4	18	0,3876

Tabela 7 – Valores de R^2 de 12 modelos de sedimentação testados

O modelo que representou melhor os dados de sedimentação foi o modelo USLE produzido pelas metodologias Fator R2, K, LS, C1 transformado pela equação 17 Com valores de R^2 46%. Os resultados dos coeficientes da validação que o programa R: entrega, podem ser consultadas no Apêndice B deste documento. Os valores de R^2 para o conjunto de modelos foi entre 38% e 46% o que representaria respostas dos modelos a sedimentação, mas os modelos USLE3 e USLE4 foram agrupados dentro dos usos estimados pelo fator C1 o que é um erro já que deveria ser feito por o fator C2, nesta circunstancias para estes modelos se descarta a validação e só terão efeitos na comparação metodológica.

6 CONCLUSÕES

Na tentativa de avilar uma metodologia que compare a produção de sedimentos observada e modelada em grande escala a partir do uso da USLE, os diferentes procedimentos e bancos de dados utilizados, encontrou-se que existem respostas positivas com R^2 de 46%, tendo que fazer uso de agrupamentos de uso para ajustar os valores. Observando o descrito por LU, D et al. 2004. quando argumenta que a sedimentação observada é pobremente explicada por a sedimentação modelada ao transformar a USLE por o SDR. Mas para a escala de trabalho encontrar que o modelo explica a metade da sedimentação observada é satisfatório.

Durante esta pesquisa observou-se que ao trabalhar a modelagem da erosão hídrica a grande escala, a simplicidade dos cálculos de estimação dos fatores USLE é uma constante que entrega melhores resultados que o uso de estimadores complexos e sofisticados na estimativa ao ser comparada com dados uma base de testes exógena ao modelo.

Na comparação dos modelos USLE observaram-se valores entre 160 $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$ até 460 $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$ ao mudar o fator de cobertura, estos incrementos correspondem basicamente a transferência da agricultura temporária para agricultura permanente.

O modelo USLE apresenta uma sensibilidade de 12% as mudanças do fator R e sensibilidade de 66% as mudanças do fator C, dos valores de produzidos de erosão hídrica para o Brasil.

O uso de ferramentas de geoprocessamento livre, na modelagem da erosão aplicadas a conservação de solos, permite a grande escala uma visão geral do sistema, definindo as possíveis áreas de atuação das diferentes entidades involucradas, entregando informações de fácil acesso ao publico, possibilitando a geração de políticas conservacionistas.

REFERÊNCIAS

ALATORRE, L.; BEGUERIA, S. Identification of eroded areas using remote sensing in a badlands landscape on marls in the central Spanish Pyrenees. 2nd ed. **Catena**, Amsterdam, v. 76, n. 3, p. 182-190, 2009.

BAKKER, M.M.; GOVERS M.; KOSMAS, G.; VANACKER, C.; OOST, V.; ROUNSEVELL, V. Soil erosion as a driver of land-use change. Agriculture, Ecosystems & Environment, Amsterdam v. 105, p. 467-481, 2005.

BARRETTO, A.G.O.P. **História e geografia da pesquisa brasileira em erosão do solo.** 2007. 117 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BATHURST, J.C.; EWEN, J.; PARKIN, G.; O'CONNELL, P.E.; COOPER, J.D. Validation of catchment models for predicting land-use and climate change impacts. 3. Blind validation for internal and outlet responses. Journal of Hydrology, Amsterdam, v. 287, n. 1-4, p. 74-94, 2004.

BENNETT, H.H. Conservation farming practices and flood control. Organic Roots Collection. Washington: National Agricultural Library (NAL), p. 16, 1886.

BEACH, T.; DUNNING, N.; LUZZADDER, S.; COOK, D.; LOHSE, J. Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands.In:_____. Geomorphology and Land Degradatio.. Amsterdam: Catena p. 166-178, 2006.

BESKOW, S.; MELLO, C.R.; NORTON, L.D.; CURI, N.; VIOLA, M.R.; AVANZI, J.C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, Amsterdam v. 79, n. 1, p. 49-59, 2009.

BUCHAN, G.D. Applicability of the Simple Lognormal Model to Particle-Size Distribution in Soils. Soil Science, Baltimore v. 147, p. 155-161, 1989.

CAPRA, F. Autoorganization Model. In:_____. The Web of Life. Melbourne: Anchor Books, 347p. 1997.

COOK, H.L. The nature and controlling variables of the water erosión process. Soil Science, Baltimore, p. 487-494, 1936.

DENARDIN, J.E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros fisicos e químicos.. 1990. 123p. Tese (Doctorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

DIGGLE, P.J.; RIBEIRO, P.J. Model-based Geostatistics. New York: Springer Series in Statistics, v. 846, p. 228. 2007.

DOERING, O.C. Assessing Global Climate Change's Impact on Agriculture In:_____. Effects of Climate Change and Variability on Agricultural Production Systems. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002. chap 1. 296p.

60

DRUKKER, D.M. Box-Cox Regression Models. Kluwer Academic Publishers, New York, 296p. 2002.

ELLIOT, W.; LAL, R. Erodibility and Erosivity. In:_____. Soil Erosion Research Methods Second Edition.. Cleveland: St. Lucie Press, 1994. p. 181-208.

EMBRAPA. **Mapa de solos do Brasil.** Disponível em: http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/sigweb.html. , 2003.

FAO. Wischmeier and Smith Empirical Soil Loss Model (USLE). Disponível em: http://www.fao.org/docrep/t1765e/t1765e0e.htm. Acesso janeiro 2012, 1962.

FAO. Land Use Planning Applications: Proceedings of the FAO Expert Consultation. Rome, December 1990, p. 10-14.

FAO; IIASA; ISRIC; ISSCAS; JRC. Harmonized World Soil Database. Report, Rome, p. 37, 2009.

FLORES, H.E.; MENES, M.M.; MOTA, J.L.O.; SAENS, E.M.; GONZÁLE, R.C. Integración De La Eups A Un Sig Para Estimar La Erosión Hídrica Del Suelo En Una Cuenca Hidrográfica De Tepatitlán, Jalisco, México.2003. 233p. Tese (Mestrado Engenharia Agronomica), Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico, 2003.

FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. Soil loss equation to SI metric units Conversion of the universal. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, v.36, December, p. 355-359, 1981.

GAREN, D.; GETER, F. A user agencys view of hydrologic , soil erosion and water quality modelling. **Catena**, Amsterdam v. 37, n. 3-4, p. 277-289, 1999.

GRASS DEVELOPMENT TEAM. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software. USA, Disponível em: http://grass.osgeo.org, 2012

GRIMM, M.; JONES, R.; MONTANARELLA, L. Soil Erosion Risk in Europe. **JRC-Europe**, Washington, n. 1, p. 35-49, 2002.

GROHMANN, C.H. Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R. Computers & Geosciences, New York, v. 30, n. 9-10, p. 1055-1067, nov 2004.

GROUP, P.G.D. **PostgreSQL.** Disponível em: http://postgreslq.org>, 2008, acesso 2010.

HICKEY, R.A.; SMITH, A.; JANKOWSKI, P. Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID. Computers Environment and Urban Systems, New York, v. 18, n. 5, p. 365-380, 1994.

HIJMANS, R.J.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; JARVIS, A. **WORLDCLIM - a** set of global climate layers (climate grids).. Disponível em: http://worldclim.org>. Acesso febereiro 2012.

HYDROLOGY, F. Preface Linking hydrology and ecology IV. Journal of the North American Benthological Society, Lawrence. v. 2815, n. Oct 1999, p. 2813-2815, 2000.

ICKIS, J.C.; RIVERA, J. Cerro Cahui. Journal of Business Research, Athens, Ga., US. v. 38, n. 1, p. 47-56, 1997.

IRVEM, A.; TOPALOGLU, F.; UYGUR, V. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. Journal of Hydrology, Amsterdam, v. 336, n. 12, p. 30-37, 2007.

JETTEN, V.; GOVERS, G.; HESSEL, R. Erosion models: quality of spatial predictions. Hydrological Processes, Chichester, v. 17, n. 5, p. 887-900, 2003.

JUDSON, S. Analysis of landforms. Earth-Science Reviews, Amsterdam, v. 13, n. 1, p. 102-103, 1977.

JULIEN, P.Y. Suspended load. In:_____. Erosion and sedimentation. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. v 13. p. 280

JULIEN, P.Y. Transforms for runoff and sediment transport. Journal of Hydraulic Engineering, New York, v. 1, n. 3, p. 114-122, 1996.

KIRKBY, J.; MORGAN, R.P.C. Modelos de Procesos de Erosion Hidrica In:_____. Erosión de suelos.. New York: John Wiley & Sons Ltd. 1984. p. 228-266.

LINO, J.S. Evolução do sistema plantio direto e produção de sedimentos no Rio Grande do Sul. 2010. 119.p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

LIU, B.Y.; NEARING, M.A.; SHI, P.J.; JIA, Z.W. Slope Length Effects on Soil Loss for Steep Slopes. Soil Science, Baltimore, v. 1763, n 1999, p. 1759-1763, 2000.

LU, D.; LI, G.; VALLADARES, G. S.; BATISTELLA, M. Mapping soil erosion risk in Rondônia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. Land Degradation Development, Chichester, v. 15, n. 5, p. 499-512, 2004.

MANNIGEL, A.R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. Acta Scientiarum, Maringa v. 24, n. 1990, p. 1335-1340, 2002.

MARSH, G.P. Human and Brute Action Compared In:_____. Man and Nature: Or, Physical Geography as Modified by Human Action.. Cambride: Belknap Press of Harvard University Press, 1864. chap 1. p. 504.

MARTINS, S.G.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FONSECA, S. Erodibilidade Do Solo Nos Tabuleiros Costeiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania. v. 41, n. 3, p. 322-327, 2011.

MCCOOL, D.K.; MEYER, L.D.; BROWN, L.C.; FOSTER, G.R.; MUTCHLER, C.K. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, St. Joseph. p.30, 1987.

MERRITT, W.; LETCHER, R.; JAKEMAN, A. A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling Software, Oxford. v. 18, n. 8-9, p. 761-799, 2003.

MILLIMAN, J.D.; SYVITSKI, J.P.M. Geomorphic/Tectonic Control of Sediment Discharge to the Ocean: The Importance of Small Mountainous Rivers. **The Journal of Geology**, Chicago. v. 100, n. 5, p. 525-544, 1992.

MITASOVA, H.; HOFIERKA, J.; ZLOCHA, M.; IVERSON, L.R. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. International Journal of Geographical Information Systems, Disponível em: <skagit.meas.ncsu.edu/ helena/gmslab/viz/text/errev12.ps.>, Acesso em: 28 out. 2010.

MMA. **Biodiversidade brasileira:** avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasilia , 2006. v. 5p. 404.

MONTERO, M.E. Aplicación de técnicas de análisis multifractal a distribuciones de tamaño volumen de partículas de suelo obtenidas mediante análisis por difracción de láser. 2009. Tese (Doctorado em Matematica Aplicada A La Agronomia) - Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Superior De Ingenieros Agronomos, Madrid, 2003.

MONTESINOS, S. Desarrollo metodológico para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en el área mediterránea utilizando técnicas de teledetección y gis. 1995. 236 p. Tese (Doctorado em Geodinámica), Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas, Departamento de Geodinámica, Madrid, 1995.

NEKHAY, O.; ARRIAZA, M.; BOERBOOM, L. Evaluation of soil erosion risk using Analytic Network Process and GIS: a case study from Spanish mountain olive plantations. Journal of environmental management, London. v. 90, n. 10, p. 3091-104, jul 2009.

OUYANG, D.; BARTHOLIC, J. Predicting sediment delivery ratio in Saginaw Bay Watershed. National Association of Environmental Professionals. May 1997, Disponível em: http://www.iwr.msu.edu/ouyangda/sdr/sdr.htm, acesso oct. 2012.

PERLIN, J. A forest journey: the role of wood in the development of civilization.. Cambridge: Harvard University Press, 1989. 445 p.

PINET, P.; SOURIAU, M. Continental erosion and large-scale relief. **Tectonics**, Washington. v. 7, n. 3, p. 563-582, 1988.

POSADA, L.; QUICENO, M.M. Estimación de niveles en la zona estuarina del río Guapi. in trabalho apresentado no XVII Seminário Nacional de Hidráulica e Hidrología, 2006. Anais... Popayán, SCI, 2006. 530 p.

QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM. Quantum GIS Geographic Information System.. Disponível em: http://qgis.osgeo.org> , acesso 2012.

R. Development Core Team. R Foundation for Statistical Computing. R: A language and environment for statistical computing, Vienna, 2010. Disponível em http://www.r-project.org/. Acesso em: 2012.

REMORTEL, V.; HAMILTON, M.; HICKEY, R.; REMORTEL, R.; HAMILTON, M. E.; MARTIN, L. Estimating the LS Factor for RUSLE through Iterative Slope Length Processing of Digital Elevation Data within ArcInfo Grid. **Geography**, Sheffield. n. 1, P. 1043-1053, 2001.

RENARD, K.; FREIMUND, J. Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE. Journal of Hydrology, Amsterdam. v. 157, n. 1-4, p. 287-306, 1994.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; MCCOOl, D.K.; YODER, D.C. US Dep of Agriculture Agriculture Handbook **Predicting soil loss by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).** Washington: USDA. Chap 2, v. 703, 23 p. 1997.

RIBEIRO, P.J.; DIGGLE, P.J. (2001). geoR: A package for geostatistical analysis.. R-NEWS On-line, Vienna, june. 2001, v. 1, http://cran.reproject.org/doc/Rnews/>. Acesso em: 18 sep. 2011.

RIBOLZI, O.;PATIN, J.; BRESSON, L.M.; LATSACHACK, K.O.; MOUCHE, E.; SENGTAHEUANGHOUNG, O.; SILVERA, N.; THIÉBAUX, J.P.; VALENTIN, C. Impact of slope gradient on soil surface features and infiltration on steep slopes in northern Laos. **Geomorphology**, Amsterdam. v. 127, n. 1-2, p. 53-63, 2011.

ROO, A.P.J.DE.; WESSELING, C.G.; RITSEMA, C.J. LISEM: a single-event physically-based hydrological and soil erosion model for drainage basins I. Theory input and output. **Hydrological Processes**, Chichester. v. 10, p. 1107-1118, 1996.

ROUSSEVA, S. A laboratory index for soil erodibility assessment. Soil Technology, Amsterdam. v. 2, n. 3, p. 287-299, 1989.

SELBY, M. Water on hillslopes In:_____. Hillslope Materials and Processes. Oxford: Oxford University Press, 451 p. 1993.

SERVICE, S.C. The Use of Statistical Methods in Effecting Improvements on a Jones Sample Splitter. Journal of Sedimentary Research, Tulsa, Okla, v. Vol. 7, n. 3, p. 110-132, 1937.

SHIRAZI, M.A.; BOERSMA, L.; JOHNSON, C.B. Predicting Soil Properties. Soil Science Society of America Journal, Baltimore v. 7, n. 1, p. 300-310, 2001.

SILVA, A.M.DA. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, Amsterdam. v. 57, n. 3, p. 251-259, ago 2004.

SILVA, S.; SOARES, C.; BARROSO, A.; RIBEIRO, W.; ÁLVARES, E.; SILVA, V. Sistema de otto-codificação modificado para endereçamento de redes hidrográficas. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 32, n. 5, p. 891-897, 2008.

SIMONS, D.B.; SENTÜRK, F. Sediment Transport Technology: Water and Sediment Dynamics. Water Resources Publications, Highlands Ranch, CO. v 1, 919 p. 1992.

SONNENTAG, O. Book reviewNeteler, M., Mitasova, H., 2008. **Open Source GIS A GRASS GIS Approach.** New York: Springer, Department of Environment, Computers and Geosciences, 3rd ed, v. 35, n. 11, p. 2282, 2009.

SONNEVELD, B.G.J.; NEARING, M. A nonparametric/parametric analysis of the Universal Soil Loss Equation. **Catena**, Amsterdam v. 52, n. 1, p. 9-21, maio 2003.

SUMMERFIELD, M.A.; HULTON, N.J. Natural controls of fluvial denudation rates in major world drainage basins. Journal of Geophysical Research, Washington. v. 99, n. B7, p. 13871-13883, 1994.

SYVITSKI, J.P.; MOREHEAD, M.D.; BAHR, D.B.; MULDER, T. Estimating fluvial sediment transport: The rating parameters. Water Resources Research, Highlands Ranch, CO. v. 36, n. 9, p. 2747-2760, 2000.

TRIMBLE, S.W.; CROSSON, P. LAND USE: U.S. Soil Erosion Rates–Myth and Reality. Science, New York v. 289, n. 5477, p. 248-250, 2000.

TURCOTTE, D.L. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 398 p.

VLADIA, C. Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica de análise da redistribuição do fallout do 137CS. 2004. 90p. Tese (Doctorado em Ciências Energia Nuclear na Agricultura) - Universidade de São Paulo, Fundação de Amparo À Pesquisa do Estado de São Paulo, Piracicaba, 2004.

WARD, A.D.; TRIMBLE, S.W. Environmental Hydrology. Lewis Publishers, Stockport, 2004. 475 p.

WARKENTIN, B.P. The changing concept of soil quality. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny. v. 50, n. 3, p. 226-228, 1995.

WARREN, S.D.; MITASOVA, H.; HOHMANN, M.G.; AUERSWALD, K. Validation of a 3-D enhancement of the Universal Soil Loss Equation for prediction of soil erosion and sediment deposition. Amsterdam: Catena, v. 64, n. 2-3, p. 281-296, dez 2005.

WILLIAMS, M. Pre-History to Global Crisis. An Abridgement. In:_____. Hillslope Materials and Processes.. Deforesting the Earth: From Prehistory to Global Crisis: an Abridgment.. Chicago: University of Chicago Press, 2006. p. 63-205

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses - a Guide to Conservation Planning. **FAO**, Rome. 1978. p. 47

XUEJUN, L.I.U.; LU, B. Accuracy Assessment of DEM Slope Algorithms Related to Spatial Autocorrelation of DEM Errors. Advances in digital terrain analysis, Springer, New York. p. 307-322, 2008.

ZHANG, K.L.; SHU, A.P.; XU, X.L.; YANG, Q.K.; YU, B. Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. Journal of Arid Environments, London. v. 72, n. 6, p. 1002-1011, 2008.

ZHOU, Q. Analysis of errors of derived slope and aspect related to DEM data properties. Computers & Geosciences, New York. v. 30, n. 4, p. 369-378, 2004.

ZINGG, A.W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. Agric Engng, Taylor & Francis, London. v. 21, p. 59-64, 1940.

APÊNDICES

APÊNDICE A:

Alguns valores de dos fatores USLE encontrados na literatura e na web, agradeço a os diferentes autores e compiladores por compartilhar a informação.

Tabela 8 – Tabela Valores de erodibilidade em $Mg.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$, por ordem de solo e método para sua determinação e fontes, editado de site www.sorocaba.unesp.br

Ordem	Valor K	Método	Fonte
-	$Mq.h.Mj^{-1}.mm$	-1	
ARGISSOLOS			
	0,0232	chuva natural	RBCS 1989
	0,0220725	${ m chuva\ nat}$ ural	RBCS 1997
	0,0346	sem dado	Moretti
	0,028	sem dado	Moretti
	0,0419	sem dado	Moretti
	0,0462	$\operatorname{sem} \operatorname{dado}$	Moretti
	0,028	$\operatorname{sem} \operatorname{dado}$	Moretti
	0,0368	sem dado	Moretti
	0,034	$\operatorname{sem} \operatorname{dado}$	5° SIMPOSIO NAC.
	$0,\!055$	sem dado	5° SIMPOSIO NAC.
	0,0462	sem dado	5° SIMPOSIO NAC.
	0,034	sem dado	BUENO 1994
	0,0438	sem dado	BUENO 1994
	0,0389	sem dado	BUENO 1994
	0,0356	sem dado	BUENO 1994
	0,0293	sem dado	BUENO 1994
	0,0285	sem dado	BUENO 1994
	0,035	sem dado	BUENO 1994
	$0,\!0326197$	INDIRETO ()	PCBAP (1997)
	0,085	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,078	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,085	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,073	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,074	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,06	DENARDIN	Fiorio 1998
	$0,\!07$	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,089	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,064	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,074	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,074	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,061	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,066	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,069	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,0527	DENARDIN	Cerri 1999
	0,0409	DENARDIN	Cerri 1999
	0,035	sem dado	CAIUA-CESP 2002
	0,035	sem dado	$CAIUA-CESP \ 2002$
	0,028	sem dado	$CAIUA-CESP \ 2002$
	0,028	sem dado	CAIUÁ-CESP 2002
	0,028	sem dado	CAIUÁ-CESP 2002
	0,035	sem dado	Fujihara

CAMBISSOLS

Continua pagina.

On dama	V-l V	M 44 - J -	T+-
Ordem	valor K Mah Mi^{-1} mg	n^{-1}	Fonte
	$\frac{Mg.n.Mj}{0.0427}$	som dado	Morotti
	0,0427	som dado	Moretti
	0,055		$\mathbf{PCBAP} (1007)$
	0,050000	DENARDIN	$\begin{array}{c} \mathbf{Fiorio} \ 1008 \end{array}$
	0,051	DENARDIN	Fiorio 1008
	0,074		Fiorio 1008
	0,072	DENARDIN	Paniori 2000
CHERNOSSOLS	0,025	DENARDIN	Ramen 2000
CHERIO22012	0 0438328	INDIRFTO	\mathbf{PCBAP} (1007)
	0,0430320		$\begin{array}{c} \mathbf{I} \mathbf{CDAI} (1997) \\ \mathbf{DCBAD} (1007) \end{array}$
	0,0103400		$\frac{100}{100} \frac{1997}{100}$
	0,0304	DENARDIN	NETO 2004 NETO 2004
FSPODOSSOLS	0,031	DENARDIN	NETO 2004
	0.0003	DENARDIN	NETO 2004
	0,0307	DENARDIN	Corri 1000
	0,0007		$\begin{array}{c} \text{Octil 1999} \\ \text{Corri 1000} \end{array}$
	0,0003		$\begin{array}{c} \text{Oerri} 1999\\ \text{Corri} 1000 \end{array}$
	0,0521	DENARDIN	0em 1999
GUEISSOLOS	0.0470	INDIDETO	\mathbf{DCBAD} (1007)
	0,0479		$\begin{array}{c} \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{P} \mathbf{A} \mathbf{D} & (1007) \\ \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{P} \mathbf{A} \mathbf{D} & (1007) \end{array}$
	0,0438		$\begin{array}{c} \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{P} \mathbf{A} \mathbf{D} & (1007) \\ \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{P} \mathbf{A} \mathbf{D} & (1007) \end{array}$
	0,001019		$\begin{array}{c} \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{B} \mathbf{A} \mathbf{P} & (1997) \\ \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{B} \mathbf{A} \mathbf{P} & (1007) \end{array}$
	0.058	DENARDIN	$\begin{array}{c} \mathbf{Fiorio} \ 1008 \end{array}$
	0,058	DENARDIN	Fiorio 1008
	0,005	DENARDIN	1 10110 1 998
LATOSSOLOS	0.0178	som dado	Morotti
	0,0178	som dado	5º SIMPOSIO NA
	0,022	som dado	5º SIMPOSIO NA
	0,0128	som dado	5º SIMPOSIO NA
	0,0098	som dado	5º SIMPOSIO NA
	0,0120 0.0122	som dado	BUENO 1004
	0,0122	som dado	BUENO 1994 BUENO 1004
	0,0134	sem dado	BUENO 1004
	0,019 0.0173	sem dado	BUENO 1004
	0,0173	sem dado	BUENO 1004
	0,0133	sem dado	DUENO 1994 DUENO 1004
	0,0132	sem dado	DUENO 1994 DUENO 1004
	0,0132 0.0173	som dado	BUENO 1994 BUENO 1004
	0,0173 0.0173	som dado	BUENO 1994 BUENO 1004
	0,0175	som dado	BUENO 1994 BUENO 1004
	0,0223	som dado	BUENO 1994 BUENO 1004
	0,0223		$\frac{\text{DOENO} 1994}{\text{DOBAD} (1007)}$
	0,0103	INDIRETO	$\begin{array}{c} \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{B} \mathbf{A} \mathbf{P} & (1007) \\ \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{B} \mathbf{A} \mathbf{P} & (1007) \end{array}$
	0.012232		$\begin{array}{c} 1 \text{ ODAF } (1997) \\ Corri 1000 \end{array}$
	0,0109		$C_{\rm curri} 1000$
	0,0007		Cerri 1999
	0,0313		Cerri 1999
	0,0190	DENARDIN DENARDIN	Cerri 1999
	0,0156	DENARDIN	Cerri 1999
	0,0156	DENARDIN	Cerri 1999
	0,0175	sem dado	CAIUA-CESP 200
	0,0175	sem dado	CAIUA-CESP 200

Continua pagina.

Ondam	Valar V	Mátada	Fonto
Ordeni	Value $M_{i}=1$ mass -1	Metodo	rome
	Mg.n.Mj .mm	d- d-	
	0,0132		CATUA-CESP 2002
	0,0132		CATUA-CESP 2002
	0,0175	sem dado $N + (1000)$	CAIUA-CESP 2002
	0,0175	Neto (1990)	Fujinara
	0,012	Neto (1990)	Burin 1999
	0,015	Neto (1990)	1999
NEOSSOLOS	0.0000	1 1	3.6
	0,0302	sem dado	Moretti
	0,0285	sem dado	Moretti
	0,0362	sem dado	Moretti
	0,025	sem dado	BUENO 1994
	0,027	sem dado	BUENO 1994
	0,033	sem dado	BUENO 1994
	0,049	sem dado	BUENO 1994
	0,0223	sem dado	BUENO 1994
	0,0509	INDIRETO	PCBAP (1997)
	0,043832	INDIRETO	PCBAP (1997)
	0,00101	INDIRETO	PCBAP (1997)
	0,052	r	Fiorio 1998
	0,054	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,037	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,042	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,054	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,0163	DENARDIN	Cerri 1999
	0,0353	DENARDIN	Cerri 1999
	$0,\!0455$	DENARDIN	Cerri 1999
	0,0411	DENARDIN	Cerri 1999
	0,037	DENARDIN	Ranieri 2000
	0,0296	sem dado	CAIUÁ-CESP 2002
	0,0442	sem dado	CAIUÁ-CESP 2002
	0,0296	Lombardi Neto (comunicação pessoal)	Fujihara
	0,022	Neto (1990)	D 1999
	0,025	Neto (1990)	D Burin 1999
NITOSSOLOS			
	0,0183	sem dado	BUENO 1994
	0,0202	sem dado	BUENO 1994
	0,018348	INDIRETO	PCBAP (1997)
	0,037	DENARDIN	Fiorio 1998
	0,037	DENARDIN	Fiorio 1998
	$0,\!0174$	DENARDIN	Cerri 1999
	0,018	Neto (1990)	Burin 1999
ORGANOSSOLOS			
	0,0681	DENARDIN	Cerri 1999
	$0,\!0467$	DENARDIN	Cerri 1999
	0,0681	DENARDIN	Cerri 1999
PLANOSSOLOS			
	0,00203	INDIRETO	PCBAP (1997)
	0,00203	INDIRETO	PCBAP (1997)
	0,0050968	INDIRETO	PCBAP (1997)

Continua pagina.

Valor de C	Uso do solo	Fonte
0,001	Vegetação transitoria	ARS, 1975.
$0,\!1514$	Pasto	ARS, 1975.
0,0004	$\operatorname{Florestas}$	ARS, 1975.
0,0383	Pastagem formada	ARS, 1975.
$0,\!1107$	Cultura permanente	ARS, 1975.
0,2588	Cultura temporária	ARS, 1975.
0,3658	Pastagem em reforma	ARS, 1975.
0,00019	$\operatorname{Floresta}$	Morgan, R,P,C, 1995.
$0,\!15$	Cerrado	Morgan, R,P,C, 1995.
$0,\!22$	Caatinga	Morgan, R,P,C, 1995.
$0,\!18$	Pasto	Morgan, R,P,C, 1995.
0,2	Área urbana	Morgan, R,P,C, 1995.
0,002	Floresta primária	Shi 2002.
0,006	Floresta secundária	Shi 2002.
0,1	Arroz	Shi 2002.
$0,\!11$	Culturas permanente	Shi 2002.
$0,\!15$	Solo agrícola exposto	SIVERTUN, 2003.
$0,\!1$	Culturas anuais	SIVERTUN, 2003.
0,075	Culturas perenes	SIVERTUN, 2003.
0,05	Plantio direto	SIVERTUN, 2003.
0,03	Áreas urbanas	SIVERTUN, 2003.
0,01	Gramíneas	SIVERTUN, 2003.
0,005	$\operatorname{Florestas}$	SIVERTUN, 2003.
0,04	Floresta manejada	SIVERTUN, 2003.
0,01	$\operatorname{Florestas}$	Bertoni e Lombardi Neto, 1983.
0,26	Campos	Bertoni e Lombardi Neto, 1983.
$0,\!29$	Agricultura permanente	Bertoni e Lombardi Neto, 1983.
0,46	Agricultura irrigada	Bertoni e Lombardi Neto, 1983.
0,404	Solos expostos	Bertoni e Lombardi Neto, 1983.

Tabela 9 – Valores do fator C (Adimensional) reportados para varios tipos de cultura e fontes

Continua pagina.

Tabelas com valores de comparação de sedimentação observada e modelada utilizadas na validação por regresão linear.

Tabela 10 – Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados p
s5us1, ps6us1, ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias trecho a partir do modelo USLE1

USOM	SY	ps5us1	ps6us1	ps7us1
4,00	0,00002	0,03156	0,04727	0,21914
2,00	$0,\!00163$	$0,\!43341$	$0,\!64527$	$2,\!98565$
2,00	0,00168	0,06305	$0,\!09283$	$0,\!42803$
1,00	0,00414	0,09308	$0,\!12990$	$0,\!58887$
3,00	0,00104	$0,\!23037$	$0,\!27229$	$1,\!17094$
1,00	0,02720	0,09680	$0,\!13135$	$0,\!59013$
1,00	0,01006	$0,\!05174$	0,06736	$0,\!29871$
2,00	$0,\!00165$	0,03818	$0,\!04255$	$0,\!17961$
3,00	0,00076	0,03326	$0,\!05006$	$0,\!23243$
4,00	0,00009	0,00012	0,00018	0,00082
Continua pagina.				

USOM	SY	$\mathrm{ps5us1}$	ps6us1	ps7us1
4,00	0,00000	0,00035	0,00048	0,00218
4,00	0,00020	0,11760	0,13534	0,57708
1,00	0,02164	0,00205	0,00402	0,02033
1,00	0,00437	0,00651	0,00903	0,04083
1,00	0,00743	0,04634	0,05920	0,26095
3,00	0,00054	0,00568	0,00693	0,03012
1,00	0,00444	0,00274	0,00367	0,01639
1,00	0,03085	0,06575	0,07850	0,33864
1,00	0,00645	0,34945	0,49296	2,24222
3,00	0,00063	0,06359	0,08635	0,38807
4,00	0,00009	0,14246	0,17634	0,76951
1,00	0,00444	0,07643	0,10213	0,45664
3,00	0,00088	0,68864	0,89616	3,97320
2,00	0,00148	0,29896	0,38690	1,71234
3,00	0,00054	0,33048	0,40324	1,75165
2,00	0,00130	0,37197	0,43960	1,89037
1,00	0,00897	0,72176	0,92977	4,10896
4,00	0,00032	0,26276	0,29645	1,25616
3,00	0,00057	0,51982	0,64209	2,80005
1,00	0,00818	0,33412	0,41552	1,81594
2,00	0,00207	0,65390	0,82596	$3,\!62750$
1,00	0,00609	0,54423	0,70246	$3,\!10636$
2,00	0,00199	1,04324	1,44593	6,54010
1,00	0,01093	0,74211	1,00082	4,48774
4,00	0,00025	0,04580	0,05898	0,26063
2,00	0,00196	0,05018	0,06760	0,30304
1,00	0,00377	0,16812	0,21273	0,93480
1,00	0,02613	0,02183	0,03047	0,13814
3,00	0,00117	0,03987	0,04556	0,19383
2,00	0,00186	0,29026	0,37365	$1,\!65092$
1,00	0,01048	0,08211	0,10490	0,46235
4,00	0,00015	0,01927	0,02548	0,11353
4,00	0,00016	0,05796	0,07384	0,32520
2,00	0,00119	0,04742	0,05935	0,25989
2,00	0,00297	1,09412	1,44744	6,45093
2,00	0,00317	0,43779	0,58981	2,64386
1,00	0,01760	0,35284	0,47817	2,14747
3,00	0,00098	0,05516	0,07678	0,34776
2,00	0,00259	0,45139	0,58424	2,58585
1,00	0,00379	1,13056	1,46331	6,47661
1,00	0,01287	5,22384	7,11684	32,01520
2,00	0,00132	3,26947	4,08922	17,90316
3,00	0,00059	4,25583	5,53724	24,54835
1,00	0,01348	5,41708	7,22412	32,27831
4,00	0,00025	2,80534	5,44232	14,87968
4,00	0,00035	0,60349	0,75194	3,28815
3,00	0,00111	0,25535	0,32227	1,41501
2,00	0,00237	1,27150	1,03009	1,22037
2,00	0,00228	0,40304	0,02948	2,8280U 2.021.0F
2,00	0,00262	0,01892	0,08177	ə,uətəə 0 10075
3,00 2,00	0,00102	0,03274	0,04292	0,19070
3,00	0,00081	0,03429	0,00982	2,93472
USOM	SY	ps5us1	ps6us1	ps7us1
----------	---------	-------------	-------------	--------------
3,00	0,00046	0,26258	0,33842	1,49581
$3,\!00$	0,00071	0,85138	$1,\!14654$	$5,\!13882$
$3,\!00$	0,00063	$0,\!58412$	0,77229	3,44126
$3,\!00$	0,00054	6,07503	8,26699	$37,\!17565$
4,00	0,00037	2,53341	$3,\!57156$	$16,\!24195$
$3,\!00$	0,00078	2,36458	$2,\!89731$	$12,\!60242$
$1,\!00$	0,00595	3,23202	$4,\!64855$	$21,\!27431$
4,00	0,00020	$0,\!64193$	0,74191	$3,\!16783$
4,00	0,00020	1,49974	1,73333	$7,\!40103$
4,00	0,00007	1,97527	$2,\!27243$	$9,\!68869$
4,00	0,00007	0,44817	0,51559	$2,\!19827$
4,00	0,00033	0,04247	0,05439	0,23991
4,00	0,00002	$0,\!15370$	$0,\!15710$	$0,\!64517$
3,00	0,00095	2,85480	3,75913	16,72884
4,00	0,00003	$0,\!14576$	$0,\!17726$	0,76922
1,00	0,00853	1,07663	1,50771	$6,\!84191$
4,00	0,00042	0,44427	0,55667	$2,\!43856$
2,00	0,00341	0,20797	0,26351	$1,\!15846$
1,00	0,02564	1,02683	1,35523	$6,\!03547$
1,00	0,03447	0,08383	$0,\!11709$	0,53090
3,00	0,00068	0,02986	0,04161	$0,\!18853$
2,00	0,00308	1,01482	1,38510	$6,\!23450$
4,00	0,00025	0,86731	1,08649	4,75921
2,00	0,00338	0,55205	0,72343	$3,\!21446$
1,00	0,00885	3,33813	4,59855	20,75960
$3,\!00$	0,00104	$1,\!32395$	$1,\!61730$	$7,\!02798$
2,00	0,00256	0,31902	0,42956	$1,\!92523$
1,00	0,02441	$0,\!64775$	0,94415	$4,\!33924$
1,00	0,01127	0,54307	0,81347	3,77118
1,00	0,00586	$1,\!37488$	2,06195	9,56268
$1,\!00$	0,00408	$2,\!27166$	3,41623	$15,\!85720$
4,00	0,00002	0,00416	0,00522	0,02289
$3,\!00$	0,00064	$0,\!68002$	0,89109	$3,\!95940$
4,00	0,00045	$0,\!15026$	$0,\!18598$	$0,\!81153$
1,00	0,03913	0,20561	$0,\!27314$	$1,\!21897$
$3,\!00$	0,00111	0,28120	0,37896	$1,\!69889$
2,00	0,00243	$0,\!25809$	0,34377	$1,\!53546$
$2,\!00$	0,00204	$0,\!13914$	$0,\!18949$	$0,\!85232$
2,00	0,00297	$0,\!56292$	0,81800	3,75581
$2,\!00$	0,00192	0,39383	$0,\!56130$	$2,\!56140$
$1,\!00$	0,03001	0,08281	$0,\!14058$	$0,\!67814$
$1,\!00$	0,00464	0,03923	0,06220	$0,\!29362$
$2,\!00$	0,00339	$1,\!42900$	$2,\!15596$	$10,\!01764$
4,00	0,00023	0,02960	0,04008	$0,\!17995$

Tabela 11 – Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados p
s5us2, ps6us2, ps7us2, em $kgha^{-1}ano^{-1},$ nas bacias trecho a partir do model
o $\rm USLE2$

USOM	SY	ps5us2	ps6us2	m ps7us2
4,00	0,00002	0,03324	0,04979	0,23084
2,00	0,00163	0,46292	$0,\!68920$	$3,\!18890$
Sigue na	a página.			

USOM	SY	ps5us2	ps6us2	ps7us2
2,00	0,00168	0,06177	0,09096	0,41939
1,00	0,00414	$0,\!15394$	0,21484	0,97391
3,00	0,00104	0,51476	0,60843	$2,\!61646$
1,00	0,02720	$0,\!17626$	0,23916	1,07450
1,00	0,01006	0,11288	0,14696	$0,\!65165$
2,00	0,00165	0,06346	0,07073	0,29853
3,00	0,00076	0,01747	0,02630	0,12209
4,00	0,00009	0,00006	0,00009	0,00040
4,00	0,00000	0,00008	0,00011	0,00051
4,00	0,00020	0,08146	0,09375	0,39974
1,00	0,02164	0,00369	0,00726	0,03667
1,00	0,00437	0,00702	0,00974	0,04408
1,00	0,00743	0,10641	0.13596	0,59930
3,00	0,00054	0,00776	0,00947	0,04112
1,00	0,00444	0,00338	0,00452	0,02020
1,00	0,03085	0,06385	0,07623	0,32888
1,00	0,00645	0,35147	0,49581	2,25518
3.00	0.00063	0.05039	0.06843	0.30752
4.00	0.00009	0.09296	0.11507	0.50214
1.00	0.00444	0.08686	0.11607	0.51896
3.00	0.00088	0.67533	0.87884	3.89643
2.00	0.00148	0.31312	0.40523	1.79346
3.00	0.00054	0.46682	0.56960	2,47432
2.00	0.00130	0.56236	0.66462	2.85795
1.00	0.00897	1.06120	1.36703	6.04138
4,00	0,00032	0,34989	0,39475	1,67266
3.00	0.00057	0.68362	0.84441	3.68236
1,00	0,00818	0,41199	0,51237	2,23918
2,00	0,00207	0,71829	0,90729	3,98470
1,00	0,00609	0,65605	0,84679	3,74460
2,00	0,00199	1,42142	1,97008	8,91090
1,00	0,01093	$1,\!10323$	1,48784	$6,\!67155$
4,00	0,00025	0,09938	$0,\!12799$	0,56557
2,00	0,00196	0,09869	$0,\!13295$	0,59593
1,00	0,00377	0,33186	0,41992	1,84528
1,00	0,02613	0,04990	0,06965	0,31576
3,00	0,00117	0,09088	$0,\!10385$	0,44184
2,00	0,00186	0,75181	0,96779	$4,\!27603$
1,00	0,01048	$0,\!22455$	0,28686	1,26439
4,00	0,00015	0,04446	0,05878	0,26190
4,00	0,00016	$0,\!11894$	$0,\!15152$	$0,\!66728$
2,00	0,00119	0,08315	$0,\!10406$	$0,\!45570$
2,00	0,00297	1,71798	$2,\!27276$	$10,\!12921$
2,00	0,00317	0,75195	1,01305	4,54109
1,00	0,01760	0,54127	0,73353	$3,\!29429$
3,00	0,00098	$0,\!10196$	$0,\!14193$	$0,\!64286$
2,00	$0,\!00259$	$0,\!35008$	$0,\!45312$	$2,\!00549$
1,00	$0,\!00379$	1,01640	$1,\!31555$	$5,\!82263$
1,00	$0,\!01287$	$3,\!81254$	$5,\!19411$	$23,\!36579$
2,00	$0,\!00132$	$1,\!97299$	$2,\!46767$	$10,\!80382$
3,00	0,00059	$2,\!56317$	$3,\!33493$	14,78481
1,00	$0,\!01348$	$3,\!07817$	$4,\!10499$	$18,\!34164$
Sigue na	a página.			

USOM	\mathbf{SY}	ps5us2	ps6us2	ps7us2
4,00	0,00025	1,78268	$2,\!14164$	9,25741
4,00	0,00035	$0,\!47506$	$0,\!59192$	$2,\!58840$
$3,\!00$	0,00111	$0,\!22176$	$0,\!27988$	$1,\!22888$
$2,\!00$	0,00237	$0,\!98560$	$1,\!26784$	$5{,}60047$
$2,\!00$	0,00228	0,40040	0,54362	$2,\!44279$
$2,\!00$	0,00262	0,39332	0,51675	$2,\!29800$
$3,\!00$	0,00102	0,02481	0,03253	$0,\!14456$
$3,\!00$	0,00081	0,32212	0,40383	1,76932
$3,\!00$	0,00046	0,14769	$0,\!19035$	0,84134
3,00	0,00071	0,38305	0,51585	2,31203
3,00	0,00063	0,23263	0,30757	1,37050
3,00	0,00054	$3,\!27330$	4,45436	20,03069
4,00	0,00037	$1,\!28970$	1,81819	8,26836
3,00	0,00078	$1,\!28263$	1,57160	6,83599
1,00	0,00595	1,88921	2,71721	12,43544
4,00	0,00020	0,35690	0,41249	1,76124
4,00	0,00020	0,84791	0,97997	4,18430
4,00	0,00007	1,06268	$1,\!22255$	5,21243
4,00	0,00007	0,23887	0,27480	1,17165
4,00	0,00033	0,02894	0,03705	0,16345
4,00	0,00002	0,11485	0,11739	0,48209
3,00	0,00095	$2,\!27130$	2,99079	13,30958
4,00	0,00003	0,12091	0,14705	$0,\!63809$
1,00	0,00853	0,85470	$1,\!19692$	$5,\!43156$
4,00	0,00042	0,28322	$0,\!35487$	1,55455
$2,\!00$	0,00341	$0,\!42689$	0,54091	$2,\!37794$
$1,\!00$	0,02564	$1,\!80312$	$2,\!37980$	10,59835
$1,\!00$	0,03447	$0,\!08443$	$0,\!11792$	0,53468
$3,\!00$	0,00068	$0,\!02044$	0,02848	$0,\!12903$
$2,\!00$	0,00308	$1,\!60279$	$2,\!18761$	$9,\!84671$
$4,\!00$	0,00025	$0,\!97985$	$1,\!22747$	$5,\!37673$
$2,\!00$	0,00338	$0,\!37620$	$0,\!49299$	$2,\!19053$
$1,\!00$	0,00885	$2,\!30170$	$3,\!17079$	14,31413
$3,\!00$	0,00104	1,02379	$1,\!25063$	$5,\!43462$
$2,\!00$	0,00256	$0,\!24560$	$0,\!33070$	$1,\!48214$
$1,\!00$	0,02441	0,88595	$1,\!29133$	$5,\!93488$
$1,\!00$	0,01127	$0,\!57834$	0,86630	4,01609
$1,\!00$	0,00586	1,31892	$1,\!97803$	$9,\!17349$
$1,\!00$	0,00408	$1,\!13860$	1,71228	$7,\!94792$
$4,\!00$	0,00002	$0,\!00170$	0,00214	0,00936
$3,\!00$	0,00064	$0,\!85629$	$1,\!12208$	$4,\!98579$
$4,\!00$	0,00045	$0,\!54597$	$0,\!67574$	$2,\!94867$
$1,\!00$	0,03913	$0,\!28916$	$0,\!38415$	1,71434
$3,\!00$	0,00111	0,54683	0,73694	3,30375
$2,\!00$	0,00243	$0,\!30143$	0,40151	1,79331
$2,\!00$	0,00204	$0,\!24684$	$0,\!33616$	1,51206
2,00	0,00297	0,85817	$1,\!24703$	5,72573
2,00	0,00192	0,72796	1,03752	4,73457
1,00	0,03001	0,23966	0,40687	1,96260
1,00	0,00464	0,10259	0,16267	0,76787
2,00	0,00339	2,08138	3,14022	14,59098
4,00	0,00023	0,02617	0,03543	0,15906

Sigue na página.

Tabela 12 – Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados p
s5us3, ps6us3, ps7us3, em $kgha^{-1}ano^{-1}$, nas bacias trecho a partir do modelo USLE3

USOM	SY	ps5us3	ps6us3	ps7us3
4,00	0,00002	0,09894	0,14820	0,68703
2,00	0,00163	$1,\!06462$	$1,\!58503$	7,33385
2,00	0,00168	0,20836	0,30680	1,41455
1,00	0,00414	0,34122	0,47623	2,15880
3,00	0,00104	0,61440	0,72621	3,12293
1,00	0,02720	0,32278	$0,\!43798$	1,96772
1,00	0,01006	$0,\!25743$	0,33516	1,48618
2,00	0,00165	0,33634	$0,\!37486$	1,58223
3,00	0,00076	0,16081	0,24205	$1,\!12383$
4,00	0,00009	$0,\!20781$	0,30005	1,37490
4,00	0,00000	$0,\!58686$	0,80124	3,60684
4,00	0,00020	0,54300	$0,\!62490$	2,66461
1,00	0,02164	0,00629	0,01237	0,06254
1,00	0,00437	0,03140	0,04356	0,19706
1,00	0,00743	$0,\!19643$	$0,\!25097$	1,10625
3,00	0,00054	0,01511	0,01844	0,08011
1,00	0,00444	0,00433	0,00579	0,02590
1,00	0,03085	$0,\!64418$	0,76909	3,31788
1,00	0,00645	0,96195	1,35701	6,17235
3,00	0,00063	1,90411	2,58568	$11,\!61971$
4,00	0,00009	1,03161	1,27697	5,57240
1,00	0,00444	$0,\!27548$	0,36810	1,64579
3,00	0,00088	$1,\!84937$	2,40668	$10,\!67021$
2,00	0,00148	0,76315	0,98763	4,37104
3,00	0,00054	$0,\!57274$	$0,\!69884$	3,03569
2,00	0,00130	$0,\!38057$	$0,\!44977$	1,93408
1,00	0,00897	0,92512	$1,\!19173$	5,26665
4,00	0,00032	$0,\!25871$	$0,\!29188$	1,23677
3,00	0,00057	$0,\!60240$	0,74409	3,24487
1,00	0,00818	$0,\!30141$	$0,\!37484$	$1,\!63817$
2,00	0,00207	$1,\!05991$	$1,\!33881$	5,87985
1,00	0,00609	$0,\!84558$	$1,\!09143$	4,82644
2,00	0,00199	$2,\!40698$	$3,\!33607$	$15,\!08941$
1,00	0,01093	$1,\!21588$	$1,\!63976$	7,35278
4,00	0,00025	$0,\!09879$	$0,\!12723$	0,56220
2,00	0,00196	$0,\!12557$	0,16916	0,75824
1,00	0,00377	0,72414	$0,\!91630$	4,02652
1,00	0,02613	$0,\!15969$	$0,\!22291$	1,01053
3,00	0,00117	$0,\!25667$	$0,\!29329$	1,24781
2,00	0,00186	$0,\!59755$	0,76922	3,39867
1,00	0,01048	$0,\!56487$	0,72164	$3,\!18073$
4,00	0,00015	$0,\!55636$	0,73558	3,27770
4,00	0,00016	0,52861	$0,\!67343$	2,96562
2,00	0,00119	0,26363	0,32995	1,44488
2,00	0,00297	$2,\!13240$	$2,\!82101$	$12,\!57260$
2,00	0,00317	0,70075	$0,\!94408$	4,23191
1,00	$0,\!01760$	$1,\!18713$	$1,\!60881$	7,22514
3,00	0,00098	$0,\!58346$	$0,\!81220$	3,67873
2,00	0,00259	$1,\!65874$	$2,\!14695$	9,50239
Sigue na	a página.			

USOM	SY	ps5us3	ps6us3	ps7us3
1,00	0,00379	3,40007	4,40080	19,47790
1,00	0,01287	19,01810	$25,\!90981$	116,55560
2,00	0,00132	11,24891	14,06931	61,59740
3,00	0,00059	14,24987	18,54044	82,19561
1,00	0,01348	19,64999	26,20485	117,08672
4,00	0,00025	8,34726	10,02810	43,34720
4,00	0,00035	1,15191	1,43527	6,27624
3,00	0,00111	1,32118	1,66744	7,32124
2,00	0,00237	5,47712	7,04556	$31,\!12256$
2,00	0,00228	2,09004	2,83759	12,75095
2,00	0,00262	3,03952	3,99338	17,75864
$3,\!00$	0,00102	0,92988	1,21904	$5,\!41737$
$3,\!00$	0,00081	1,53500	1,92436	8,43139
$3,\!00$	0,00046	1,98700	2,56089	$11,\!31912$
$3,\!00$	0,00071	2,94284	3,96308	17,76256
$3,\!00$	0,00063	2,61680	3,45976	$15,\!41644$
$3,\!00$	0,00054	21,34006	29,03988	130,58876
4,00	0,00037	8,59497	$12,\!11702$	$55,\!10317$
$3,\!00$	0,00078	7,39415	9,06001	$39,\!40834$
$1,\!00$	0,00595	10,98552	$15,\!80026$	$72,\!31064$
$4,\!00$	0,00020	2,05761	2,37809	$10,\!15404$
$4,\!00$	0,00020	4,30536	4,97593	$21,\!24637$
$4,\!00$	0,00007	5,81835	6,69365	$28,\!53895$
$4,\!00$	0,00007	1,29991	1,49547	$6,\!37605$
$4,\!00$	0,00033	0,52033	0,66631	$2,\!93907$
$4,\!00$	0,00002	1,44132	1,47325	$6,\!05013$
$3,\!00$	0,00095	8,13072	10,70631	$47,\!64514$
4,00	0,00003	0,50073	0,60896	$2,\!64249$
$1,\!00$	0,00853	4,17980	5,85338	$26{,}56239$
4,00	0,00042	1,74353	2,18461	9,57001
2,00	0,00341	0,40974	0,51918	$2,\!28242$
$1,\!00$	0,02564	1,19491	1,57707	7,02343
$1,\!00$	0,03447	1,34539	1,87917	8,52056
$3,\!00$	0,00068	1,02046	1,42196	$6,\!44264$
$2,\!00$	0,00308	2,16225	2,95120	$13,\!28371$
$4,\!00$	0,00025	2,22854	2,79171	$12,\!22865$
$2,\!00$	0,00338	3,26920	4,28407	$19,\!03574$
$1,\!00$	0,00885	$15,\!26382$	$21,\!02718$	$94,\!92469$
$3,\!00$	0,00104	6,13667	7,49636	$32,\!57545$
2,00	0,00256	1,25047	$1,\!68378$	$7,\!54643$
$1,\!00$	0,02441	4,17184	6,08077	$27,\!94679$
$1,\!00$	0,01127	1,79876	2,69440	$12,\!49099$
$1,\!00$	0,00586	4,38290	6,57319	$30,\!48444$
$1,\!00$	0,00408	6,87278	$10,\!33564$	$47,\!97518$
4,00	0,00002	4,38880	5,51078	$24,\!15703$
3,00	0,00064	3,51491	4,60591	20,46563
4,00	0,00045	0,78191	0,96776	4,22293
1,00	0,03913	0,61026	0,81073	3,61804
3,00	0,00111	1,60910	2,16854	9,72166
2,00	0,00243	0,76121	1,01394	4,52874
2,00	0,00204	0,36328	0,49475	2,22537
2,00	0,00297	1,59160	2,31279	$10,\!61914$
Sigue na	a página.			

USOM	SY	ps5us3	ps6us3	ps7us3
2,00	0,00192	1,75292	2,49833	11,40073
1,00	0,03001	$0,\!31650$	0,53731	2,59183
1,00	0,00464	$0,\!37559$	$0,\!59557$	2,81132
2,00	0,00339	$6,\!87843$	10,37760	$48,\!21937$
4,00	0,00023	$1,\!26506$	1,71287	7,69025
Sigue na	a página.			

Tabela 13 – Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados p
s5us4, ps6us4, ps7us4, em $kgha^{-1}ano^{-1},$ nas bacias trecho a partir do model
o USLE4

USOM	SY	ns5us4	ns611s4	
4 00	0.00002	0.10422	0 15611	0.72371
2,00	0,00002 0,00163	1 14140	1,69934	7 86276
$\frac{2}{2},00$	0,00168	0.19809	0.29167	1,34484
1,00	0.00414	0,10000 0.56751	0,20101 0,79205	359043
3.00	0.00104	1.38076	1.63203	7.01824
1.00	0.02720	0.60286	0.81800	3.67506
1.00	0.01006	0.56345	0.73357	3.25282
2.00	0.00165	0.58553	0.65259	2.75453
3.00	0.00076	0.08458	0.12730	0.59106
4.00	0.00009	0.10042	0.14499	0.66436
4.00	0.00000	0.13986	0.19095	0.85956
4.00	0.00020	0.37539	0.43201	1.84213
1.00	0.02164	0.01134	0.02230	0.11269
1,00	0,00437	0,03394	0,04708	0,21301
1,00	0,00743	0,45613	0,58278	2,56882
3,00	0,00054	0,02071	0,02526	0,10975
1,00	0,00444	0,00535	0,00714	0,03194
1,00	0,03085	0,62338	0,74425	3,21073
1,00	0,00645	0,97985	1,38225	$6,\!28717$
3,00	0,00063	1,56518	$2,\!12543$	9,55141
4,00	0,00009	0,66420	0,82218	$3,\!58779$
$1,\!00$	0,00444	0,30927	$0,\!41327$	1,84770
$3,\!00$	0,00088	1,81557	2,36269	10,47519
$2,\!00$	0,00148	0,76952	$0,\!99587$	4,40750
$3,\!00$	0,00054	0,79548	$0,\!97062$	4,21631
$2,\!00$	0,00130	0,57292	$0,\!67709$	2,91161
$1,\!00$	0,00897	1,35519	1,74575	7,71504
$4,\!00$	0,00032	0,34359	$0,\!38765$	$1,\!64258$
$3,\!00$	0,00057	0,78764	$0,\!97290$	4,24268
$1,\!00$	0,00818	0,37189	$0,\!46250$	2,02123
$2,\!00$	0,00207	1,11810	$1,\!41230$	$6,\!20261$
$1,\!00$	0,00609	0,99056	$1,\!27856$	$5,\!65394$
$2,\!00$	0,00199	$3,\!18729$	$4,\!41759$	19,98123
$1,\!00$	0,01093	1,81577	$2,\!44879$	10,98050
$4,\!00$	0,00025	0,21511	$0,\!27702$	$1,\!22412$
$2,\!00$	0,00196	0,24365	$0,\!32823$	$1,\!47130$
$1,\!00$	0,00377	1,42760	$1,\!80643$	$7,\!93805$
$1,\!00$	0,02613	0,36434	0,50857	$2,\!30550$
$3,\!00$	0,00117	0,59081	$0,\!67511$	2,87225
$2,\!00$	0,00186	1,53211	$1,\!97227$	8,71414
$1,\!00$	0,01048	1,58497	2,02483	$8,\!92478$
Sigue na	a página.			

77

USOM	SY	ps5us4	ps6us4	ps7us4
4,00	0,00015	$1,\!19335$	1,57777	7,03045
4,00	0,00016	1,09739	$1,\!39803$	6,15659
2,00	0,00119	0,49531	0,61990	2,71459
2,00	0,00297	3,33654	4,41400	19,67223
2,00	0,00317	$1,\!19602$	1,61132	7,22290
1,00	0,01760	1,78938	2,42498	10,89058
3,00	0,00098	1,07811	1,50077	6,79750
2,00	0,00259	1,31108	1,69697	7,51076
1,00	0,00379	3,01863	3,90710	$17,\!29277$
1,00	0,01287	13,90719	18,94683	$85,\!23254$
2.00	0.00132	6.78232	8,48283	37.13899
3.00	0.00059	8.59230	11.17941	49.56185
1.00	0.01348	11.19836	14.93392	66,72674
4.00	0.00025	5.19919	6.24612	26,99930
4,00	0,00035	0,90888	1,13246	4,95209
3.00	0.00111	1.14448	1.44443	6.34207
2.00	0.00237	4.22397	5.43356	24.00184
2.00	0.00228	1.84613	2.50644	11.26291
2.00	0.00262	2.32395	3.05325	13.57785
3.00	0.00102	0.70996	0.93073	4.13614
3.00	0.00081	0.92777	1.16310	5.09600
3,00	0,00046	1,11517	1,43725	6,35264
3.00	0.00071	1.32079	1.77869	7.97211
3.00	0.00063	1.03654	1.37044	6.10659
3,00	0,00054	11 46899	15,60719	70.18359
4,00	0,00037	4 34732	612877	27 87108
3.00	0.00078	4 00548	4 90789	21,34788
1,00	0.00595	640221	9 2081 7	42,14162
4,00	0.00020	1,13623	1,31320	560715
4,00	0,00020	2,42060	2,79761	$11 \ 94534$
4,00	0,00020	3,11212	3 58030	15,26492
4 00	0.00007	0,11212 0.69357	0 79791	340196
4 00	0.00033	0.35284	0.45183	1,99300
4 00	0.00002	111372	113840	4,67500
3,00	0.00095	6 30878	8 30723	36 96875
4,00	0.00003	0,30010 0.41487	0,50454	2 18938
1,00	0.00853	3,32571	4 65731	2113467
4,00	0,00030 0,00042	1,12580	1,00101 1 41061	617937
2,00	0,00012 0,00341	0.81963	1,03854	456565
1,00	0.02564	2,05537	2,71273	12 08101
1,00 1.00	0,02001 0,03447	1,00001 1,19466	1,66864	756595
3.00	0.00068	0.70293	0.97950	4 43793
2,00	0.00308	352821	4,81557	21 67551
$\frac{2,00}{4,00}$	0,00000000000000000000000000000000000	2,54108	318324	1394368
2.00	0,00020 0,00338	2,35601	3,18521 3,08740	13,71848
1,00	0.00885	1057997	1457480	65 79618
3,00	0.00104	4 73326	5 78200	25,12570
2,00	0,00104 0.00256	0.95836	1,29045	5,78357
1,00	0.02441	5 71 559	8 33090	38 28826
1,00	0,02441 0,01197	1,91557	2,86937	$13 \ 30214$
1,00	0.00586	$4\ 20164$	6 30135	29,20214
1,00	0.00408	351079	5,33100 5,27970	24 50689
Sigue n	0,00400 a nácina	3,01013	5,21510	24,00000
Digue IIa	i pagina.			

USOM	SY	ps5us4	ps6us4	ps7us4
4,00	0,00002	1,74800	$2,\!19488$	9,62146
$3,\!00$	0,00064	4,14382	$5,\!43003$	$24,\!12748$
$4,\!00$	0,00045	2,82355	$3,\!49467$	$15,\!24936$
$1,\!00$	0,03913	0,86857	$1,\!15388$	$5,\!14942$
$3,\!00$	0,00111	3,13819	$4,\!22924$	18,95991
$2,\!00$	0,00243	0,92119	$1,\!22704$	$5,\!48055$
$2,\!00$	0,00204	$0,\!64015$	$0,\!87180$	$3,\!92134$
$2,\!00$	0,00297	2,44415	$3,\!55167$	16,30740
$2,\!00$	0,00192	3,31490	4,72453	21,55966
$1,\!00$	0,03001	0,89365	$1,\!51712$	$7,\!31811$
$1,\!00$	0,00464	1,04356	$1,\!65477$	$7,\!81121$
$2,\!00$	0,00339	$9,\!65729$	$14,\!57013$	$67,\!69987$
$4,\!00$	0,00023	1,05919	$1,\!43412$	$6,\!43875$
Sigue na	a página.			

Tabela 14 – Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados p
s5us1, ps6us1, ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1},$ nas bacias otto
4 a partir do modelo USLE1

USOM	SY	ps5us1	ps6us1	ps7us1		
1,000	0,001	0,057	0,103	0,507		
3,000	0,059	$0,\!644$	0,936	4,299		
2,000	0,001	0,006	0,009	0,041		
1,000	0,000	0,048	0,077	0,361		
1,000	0,000	0,771	1,043	$4,\!684$		
3,000	0,039	$1,\!227$	2,422	12,258		
3,000	$0,\!595$	5,099	$7,\!553$	34,891		
1,000	0,000	$1,\!507$	$2,\!228$	10,288		
2,000	0,008	2,063	$2,\!670$	11,819		
2,000	0,001	1,361	2,298	11,064		
3,000	0,087	0,878	$1,\!154$	$5,\!131$		
1,000	0,000	0,211	0,318	1,476		
1,000	0,000	1,533	1,972	8,712		
3,000	0,390	0,311	0,453	2,078		
3,000	$0,\!116$	$0,\!637$	0,804	$3,\!530$		
3,000	0,019	0,930	1,288	5,824		
3,000	$0,\!112$	1,049	$1,\!307$	5,715		
3,000	0,308	$2,\!287$	$3,\!436$	15,945		
3,000	$0,\!153$	$5,\!151$	6,442	28,203		
2,000	0,005	4,866	$6,\!276$	27,746		
3,000	$0,\!182$	0,474	$0,\!689$	3,161		
3,000	0,033	$1,\!350$	$1,\!691$	7,407		
3,000	0,096	2,936	4,111	$18,\!652$		
1,000	0,001	$8,\!265$	11,720	53,398		
1,000	0,000	$9,\!549$	13,323	60,389		
1,000	0,000	$12,\!217$	14,924	64,851		
2,000	0,001	$3,\!223$	$4,\!842$	22,468		
3,000	$0,\!499$	$1,\!163$	$1,\!538$	$6,\!856$		
1,000	0,000	$0,\!679$	$0,\!958$	$4,\!357$		
2,000	$0,\!004$	$3,\!178$	4,731	21,891		
1,000	$0,\!000$	$0,\!131$	$0,\!183$	$0,\!830$		
1,000	$0,\!000$	$0,\!151$	$0,\!223$	$1,\!026$		
1,000	$0,\!001$	$1,\!912$	2,764	$12,\!671$		
Continua pagina.						

79

$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	USOM	\mathbf{SY}	ps5us1	ps6us1	ps7us1
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	2,000	0,001	1,064	1,475	6,673
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$2,\!000$	0,003	0,119	0,198	0,949
1,000 $0,000$ $5,603$ $6,814$ $29,570$ $3,000$ $1,715$ $0,004$ $0,005$ $0,024$ $3,000$ $7,759$ $0,001$ $0,001$ $0,004$ $2,000$ $0,003$ $0,003$ $0,005$ $0,022$ $3,000$ $47,711$ $0,002$ $0,004$ $0,019$ $2,000$ $0,007$ $1,871$ $3,104$ $14,865$ $3,000$ $0,022$ $0,042$ $0,086$ $0,440$ $2,000$ $0,004$ $0,268$ $0,465$ $2,259$ $1,000$ $0,000$ $0,047$ $0,078$ $0,375$ $3,000$ $0,236$ $0,023$ $0,039$ $0,188$ $3,000$ $0,015$ $0,005$ $0,011$ $0,056$ $3,000$ $0,015$ $0,005$ $0,011$ $0,056$ $3,000$ $12,054$ $0,010$ $0,016$ $0,075$ $1,000$ $0,000$ $0,326$ $0,500$ $2,336$ $2,000$ $0,002$ $0,005$ $0,007$ $0,341$ $1,000$ $0,000$ $0,049$ $0,74$ $0,341$ $1,000$ $0,000$ $0,081$ $0,121$ $0,559$ $1,000$ $0,000$ $0,081$ $0,121$ $0,559$ $1,000$ $0,000$ $0,312$ $0,469$ $2,175$ $1,000$ $0,000$ $1,432$ $2,106$ $9,707$ $1,000$ $0,000$ $1,222$ $1,725$ $7,849$ $1,000$ $0,000$ $2,739$ $3,887$ $17,711$ $1,000$ $0,000$ $2,162$ $2,488$ 10	$2,\!000$	0,003	0,019	0,025	0,113
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$1,\!000$	0,000	$5,\!603$	6,814	$29,\!570$
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$3,\!000$	1,715	0,004	0,005	0,024
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$3,\!000$	7,759	0,001	0,001	0,004
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	2,000	0,003	0,003	0,005	0,022
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$3,\!000$	47,711	0,002	0,004	0,019
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	2,000	0,007	1,871	3,104	$14,\!865$
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3,000	0,022	0,042	0,086	0,440
1,000 $0,000$ $0,047$ $0,078$ $0,375$ $3,000$ $0,236$ $0,023$ $0,039$ $0,188$ $3,000$ $0,015$ $0,005$ $0,011$ $0,056$ $3,000$ $12,054$ $0,010$ $0,016$ $0,075$ $1,000$ $0,000$ $0,498$ $0,793$ $3,745$ $1,000$ $0,000$ $0,326$ $0,500$ $2,336$ $2,000$ $0,002$ $0,005$ $0,007$ $0,034$ $1,000$ $0,001$ $0,049$ $0,074$ $0,341$ $1,000$ $0,000$ $0,033$ $0,006$ $0,026$ $1,000$ $0,000$ $0,034$ $0,140$ $0,649$ $1,000$ $0,000$ $0,085$ $0,136$ $0,644$ $1,000$ $0,000$ $0,081$ $0,121$ $0,559$ $1,000$ $0,000$ $0,081$ $0,121$ $0,559$ $1,000$ $0,000$ $0,312$ $0,469$ $2,175$ $1,000$ $0,000$ $1,432$ $2,106$ $9,707$ $1,000$ $0,000$ $1,222$ $1,725$ $7,849$ $1,000$ $0,000$ $2,739$ $3,887$ $17,711$ $1,000$ $0,000$ $2,162$ $2,488$ $10,611$ $3,000$ $0,249$ $8,451$ $11,915$ $54,182$ $3,000$ $0,249$ $8,451$ $11,915$ $54,182$ $3,000$ $0,000$ $12,375$ $18,743$ $87,194$ $1,000$ $0,000$ $12,375$ $18,743$ $87,194$ $1,000$ $0,000$ $12,375$ $18,743$ <	2,000	0,004	0,268	0,465	2,259
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	0,047	0,078	0,375
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3,000	0,236	0,023	0,039	0,188
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3,000	0,015	0,005	0,011	0,056
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3.000	0.070	0.252	0,455	2,239
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3.000	12.054	0.010	0.016	0.075
1,0000,0000,3260,5002,3362,0000,0020,0050,0070,0341,0000,0010,0490,0740,3411,0000,0000,0030,0060,0261,0000,0000,0940,1400,6491,0000,0000,0850,1360,6441,0000,0000,0810,1210,5591,0000,0000,1990,3041,4153,0000,0250,2730,5312,6721,0000,0001,4322,1069,7071,0000,0001,2221,7257,8491,0000,0002,7393,88717,7111,0000,0002,1622,48810,6113,0000,4831,7772,73012,7551,0000,0002,1973,58117,0541,0000,00012,37518,74387,1941,0000,00012,37518,74387,1941,0000,0001,4051,8298,1091,0000,0001,661,6697,6252,0000,0041,9152,99714,090	1.000	0.000	0.498	0.793	3.745
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1.000	0.000	0.326	0.500	2.336
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	2.000	0.002	0.005	0.007	0.034
1,000 $0,001$ $0,013$ $0,014$ $0,014$ $0,014$ $1,000$ $0,000$ $0,094$ $0,140$ $0,649$ $1,000$ $0,000$ $0,085$ $0,136$ $0,644$ $1,000$ $0,000$ $0,085$ $0,136$ $0,644$ $1,000$ $0,000$ $0,081$ $0,121$ $0,559$ $1,000$ $0,000$ $0,199$ $0,304$ $1,415$ $3,000$ $0,025$ $0,273$ $0,531$ $2,672$ $1,000$ $0,000$ $0,312$ $0,469$ $2,175$ $1,000$ $0,000$ $1,432$ $2,106$ $9,707$ $1,000$ $0,000$ $1,222$ $1,725$ $7,849$ $1,000$ $0,000$ $2,739$ $3,887$ $17,711$ $1,000$ $0,000$ $2,162$ $2,488$ $10,611$ $3,000$ $0,483$ $1,777$ $2,730$ $12,755$ $1,000$ $0,000$ $2,162$ $2,488$ $10,611$ $3,000$ $0,249$ $8,451$ $11,915$ $54,182$ $3,000$ $0,001$ $2,197$ $3,581$ $17,054$ $1,000$ $0,000$ $12,375$ $18,743$ $87,194$ $1,000$ $0,000$ $12,375$ $18,743$ $87,194$ $1,000$ $0,000$ $1,405$ $1,829$ $8,109$ $1,000$ $0,000$ $1,405$ $1,829$ $8,109$ $1,000$ $0,004$ $1,915$ $2,997$ $14,090$ $3,000$ $1,230$ $0,680$ $1,018$ $4,720$	1,000	0.001	0.049	0,001	0.341
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	0,010 0,003	0,006	0.026
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000 1,000	0,000	0.094	0,000 0.140	0,620 0.649
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000 1,000	0,000	0,094 0.085	0,140 0.136	0,049 0.644
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	0.081	0,100 0.121	0.559
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	0,001	0,121 0 304	1,415
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3,000	0,000	0,155 0.273	0,504	1,410 2,672
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,020	0,213 0.312	0,001	2,072 2.175
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	1 432	0,403 2,106	2,175
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	1,402 1.000	$\frac{2,100}{1,725}$	9,101 7 840
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	1,222 0.328	1,725	7,049
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	0,320 2,730	3 887	2,014 17711
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	2,759	0,001 0,499	10,711
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	2,000	0,000	2,102	2,400 2,720	10,011
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3,000	0,485	1, 111	2,730	12,700
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,001	2,197	0,001 0,005	17,004
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	0,099	0,920	4,121
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3,000	0,249	8,451	11,915	54,182
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3,000	0,031	3,804	7,820	34,939
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	12,375	18,743	87,194 4 690
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1,000	0,000	0,760	1,032	4,039
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3,000	0,400	1,405	1,829	8,109
2,000 $0,004$ $1,915$ $2,997$ $14,0903,000$ $1,230$ $0,680$ $1,018$ $4,720$	1,000	0,000	1,166	1,669	7,625
3 000 1930 0680 1018 4790	2,000	0,004	1,915	2,997	14,090
5,000 1,250 0,000 1,010 4,720	3,000	1,230	0,680	1,018	4,720
1,000 $0,000$ $2,251$ $3,152$ $14,303$	1,000	0,000	2,251	3,152	14,303
3,000 $0,041$ $3,299$ $4,948$ $22,946$	3,000	0,041	3,299	4,948	$22,\!946$
3,000 1,015 0,644 0,973 4,522	3,000	1,015	0,644	0,973	4,522
3,000 $0,018$ $1,070$ $1,647$ $7,700$	3,000	0,018	1,070	1,647	7,700
3,000 $0,894$ $1,066$ $1,455$ $6,550$	$3,\!000$	$0,\!894$	1,066	1,455	6,550
2,000 $0,002$ $1,321$ $2,122$ $10,056$	$2,\!000$	0,002	1,321	2,122	$10,\!056$
1,000 $0,000$ $0,052$ $0,070$ $0,315$	$1,\!000$	0,000	0,052	0,070	0,315
1,000 $0,001$ $0,044$ $0,060$ $0,269$	1,000	0,001	0,044	0,060	0,269

USOM	SV	ns51152	nshus?	
1.000	0.001	0.039	0.071	1000000000000000000000000000000000000
3,000	0.059	0.389	0.566	2 599
2,000	0,005	0,005	0,000	0.044
$\frac{1}{1},000$	0,001	0.048	0,000	$0,011 \\ 0.358$
1,000	0,000	1,343	1 818	8,000 8,161
3,000	0.039	0.422	0.833	4213
3,000	0,595	3 807	5,640	26.052
1,000	0,000	$0,001 \\ 0.723$	1,069	4937
2.000	0.008	1.154	1.494	6.613
$\frac{2}{2},000$	0.001	0.742	1,101 1,252	6,010
3.000	0.087	0.638	0.838	3.726
1,000	0,000	$0,000 \\ 0.125$	0.188	0,120 0.871
1.000	0.000	1.145	1.473	6.507
3.000	0.390	0.204	0.296	1.360
3,000	0,000	0,201 0,541	0,200 0.682	2,996
3,000	0.019	0.634	0.878	3.972
3,000	0,010 0.112	0,827	1 030	4,505
3,000	0.308	1 363	2,048	9,504
3,000	0,000 0.153	3,083	$\frac{2,010}{3,856}$	16 881
2,000	0,100	2,937	3,880	16,001 16,748
$\frac{2,000}{3,000}$	0.182	0.292	0.424	1.948
3,000	0,102 0.033	1.045	1 309	5,735
3,000	0.096	1 811	2,536	11506
1,000	0.001	4905	6,956	31,690
1,000	0,000	6 631	9,252	41,937
1,000	0,000	8 909	10.883	47 291
2,000	0.001	4 486	6740	31,275
$\frac{2}{3},000$	0 499	1,100	2,392	10,660
1.000	0.000	0.675	0.952	4.330
2.000	0.004	3.741	5.570	25.771
1.000	0.000	0.122	0.170	0.772
1,000	0,000	0.133	0.196	0.905
1,000	0.001	2,623	3,791	17377
2,000	0.001	1,466	2.032	9 1 9 2
2.000	0.003	0.165	0.274	1.313
$\frac{2}{2},000$	0,003	0.044	0,211 0,059	0.262
1.000	0.000	4.535	5.515	23.933
3.000	1.715	0.017	0.025	0.115
3,000	7.759	0.001	0.002	0.011
2.000	0.003	0.004	0.007	0.035
3.000	47.711	0.006	0.010	0.048
2,000	0.007	3.320	5,509	26.383
3.000	0.022	0.087	0.177	0.905
2,000	0.004	0.389	0.675	3,280
1,000	0,000	0.094	0,313 0.157	0,200 0,754
$\frac{1,000}{3,000}$	0.236	0.043	0.073	0.350
3,000	0.015	0.008	0.017	0.086
3,000	0.070	0.706	1.274	6.265
3,000	12.054	0.068	0.109	0.516
0,000		0,000	0,100	0,010

Tabela 15 – Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados p
s5us1, ps6us1, ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1},$ nas bacias otto
4 a partir do modelo USLE2

USOM	\mathbf{SY}	ps5us2	ps6us2	ps7us2
1,000	0,000	2,665	4,238	20,023
$1,\!000$	0,000	1,535	2,352	$10,\!984$
$2,\!000$	0,002	0,011	0,017	0,079
$1,\!000$	0,001	0,080	0,119	0,551
$1,\!000$	0,000	0,009	0,015	0,070
$1,\!000$	0,000	0,076	0,114	0,527
$1,\!000$	0,000	0,068	0,109	0,517
$1,\!000$	0,000	0,047	0,070	0,323
$1,\!000$	0,000	0,401	0,612	2,851
$3,\!000$	0,025	0,074	0,143	0,722
$1,\!000$	0,000	0,244	0,366	1,698
$1,\!000$	0,000	1,852	2,724	$12,\!553$
$1,\!000$	0,000	0,851	1,201	5,466
$1,\!000$	0,000	0,260	0,433	2,074
$1,\!000$	0,000	1,946	2,762	$12,\!585$
$1,\!000$	0,000	$1,\!138$	1,310	5,586
$3,\!000$	$0,\!483$	0,570	0,876	4,093
$1,\!000$	0,001	0,801	1,306	6,220
$1,\!000$	0,000	0,278	0,368	$1,\!640$
$3,\!000$	$0,\!249$	4,435	6,252	$28,\!432$
$3,\!000$	0,031	3,334	4,446	$19,\!865$
$1,\!000$	0,000	8,606	$13,\!035$	$60,\!639$
$1,\!000$	0,000	0,741	1,007	4,523
$3,\!000$	$0,\!400$	1,455	1,893	8,393
$1,\!000$	0,000	1,855	$2,\!656$	$12,\!135$
$2,\!000$	$0,\!004$	1,391	$2,\!177$	$10,\!234$
$3,\!000$	$1,\!230$	0,697	1,043	4,837
$1,\!000$	0,000	1,832	2,565	$11,\!640$
$3,\!000$	0,041	3,303	4,954	$22,\!973$
$3,\!000$	$1,\!015$	0,852	1,288	5,987
$3,\!000$	0,018	1,901	2,924	$13,\!673$
$3,\!000$	$0,\!894$	1,665	2,272	$10,\!227$
$2,\!000$	0,002	1,416	$2,\!273$	10,774
$1,\!000$	0,000	0,103	0,138	0,619
$1,\!000$	$0,\!001$	0,087	0,120	0,541
Continua	a pagina.			

Tabela 16 – Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados p
s5us1, ps6us1, ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1},$ nas bacias otto
4 a partir do modelo USLE3

USOM	\mathbf{SY}	$\mathrm{ps5us3}$	ps6us3	$\mathrm{ps7us3}$
1,000	0,001	0,354	0,638	3,134
$3,\!000$	$0,\!059$	3,135	4,559	$20,\!937$
2,000	0,001	0,831	1,283	6,007
$1,\!000$	0,000	2,219	3,519	$16,\!609$
$1,\!000$	0,000	3,257	4,408	19,790
3,000	0,039	8,997	17,764	$89,\!891$
3,000	$0,\!595$	$18,\!675$	$27,\!662$	127,786
$1,\!000$	0,000	7,248	10,718	$49,\!486$
2,000	0,008	6,555	8,484	$37,\!551$
2,000	0,001	4,074	6,877	$33,\!111$
3,000	0,087	3,649	4,794	$21,\!318$
Continua	a pagina.			

82

USOM	SY	ps5us3	ps6us3	ps7us3
1,000	0,000	$6,\!655$	10,017	46,507
1,000	0,000	6,814	8,766	38,721
$3,\!000$	$0,\!390$	1,415	$2,\!057$	$9,\!444$
3,000	$0,\!116$	2,927	$3,\!694$	16,219
3,000	0,019	$3,\!117$	4,317	19,520
3,000	0,112	1,589	1,980	8,660
3,000	0,308	6,826	10,256	47,591
3,000	$0,\!153$	17,237	21,559	94,388
2,000	0,005	$16,\!101$	20,767	91,812
3,000	$0,\!182$	1,856	2,696	12,377
3,000	0,033	2,987	3,740	16,383
3,000	0,096	8,907	12,470	56,582
1,000	0,001	29,322	41,580	189,438
1,000	0,000	34,710	48,429	$219,\!514$
1,000	0,000	$56,\!689$	69,249	300,922
2,000	0,001	9,281	13,944	64,702
3,000	0,499	$2,\!256$	2,984	13,299
1,000	0,000	$3,\!114$	4,393	19,981
2,000	0,004	7,210	10,735	49,670
1,000	0,000	1,463	2,043	9,262
1,000	0,000	0,723	1,064	4,905
1,000	0,001	2,480	$3,\!586$	16,436
2,000	0,001	2,453	3,400	15,377
2,000	0,003	0,146	0,243	1.165
2,000	0,003	0,548	0,725	$3,\!230$
1,000	0,000	28,359	34,488	149.656
3.000	1.715	0.022	0.032	0.147
3.000	7.759	0.004	0.006	0.031
2,000	0,003	0,009	0,016	0,076
3.000	47,711	0.024	0.040	0.193
2,000	0,007	7,177	11,909	57,033
3,000	0,022	0,055	0,111	0,570
2,000	0,004	0,737	1,279	6,213
1,000	0,000	0,069	0,116	0,555
3,000	0,236	0,020	0,033	0,161
3.000	0.015	0,008	0.016	0,080
3,000	0,070	0,951	1,716	8,441
3.000	12,054	0.157	0.252	1.193
1,000	0,000	2,553	4,061	19,187
1,000	0,000	$2,\!606$	3,994	18,649
2,000	0,002	0,725	1,076	4,974
1,000	0,001	2,583	3,862	17,894
1,000	0,000	1,141	1,867	8,900
1,000	0,000	4,041	6,037	27,965
1,000	0,000	0,486	0,779	$3,\!690$
1,000	0,000	0,412	0,616	2,855
1,000	0,000	1,323	2,016	9,400
3,000	0,025	2,783	5,414	27,271
1,000	0,000	4,011	6,020	27,924
1,000	0,000	8,607	$12,\!656$	58,327
1,000	0,000	7,025	9,917	45,118
1,000	0,000	$3,\!287$	$5,\!464$	$26,\!178$
Continua	ı pagina.			

USOM	\mathbf{SY}	ps5us3	ps6us3	m ps7us3
1,000	0,000	$13,\!672$	19,400	88,408
$1,\!000$	0,000	$16,\!678$	$19,\!194$	$81,\!843$
3,000	$0,\!483$	$14,\!147$	21,726	101,519
$1,\!000$	0,001	$13,\!844$	$22,\!569$	107,473
1,000	0,000	$3,\!153$	4,169	$18,\!575$
3,000	$0,\!249$	$29,\!381$	$41,\!420$	188,363
3,000	0,031	$21,\!467$	$28,\!629$	127,916
1,000	0,000	$56,\!849$	$86,\!100$	400,548
1,000	0,000	5,041	6,845	30,762
3,000	0,400	3,922	5,104	$22,\!628$
1,000	0,000	3,875	5,547	$25,\!346$
2,000	0,004	7,925	$12,\!406$	$58,\!324$
3,000	$1,\!230$	2,467	3,695	$17,\!130$
$1,\!000$	0,000	9,877	$13,\!832$	62,767
3,000	0,041	$11,\!987$	$17,\!978$	$83,\!376$
3,000	1,015	2,956	4,467	20,769
3,000	0,018	6,470	9,954	$46{,}539$
3,000	0,894	2,301	3,141	$14,\!136$
$2,\!000$	0,002	3,468	5,569	$26,\!393$
$1,\!000$	0,000	0,131	0,176	0,791
$1,\!000$	0,001	0,280	0,384	1,730

Tabela 17 – Dados de produção de sedimentos SY observados e modelados p
s5us1, ps6us1, ps7us1, em $kgha^{-1}ano^{-1},$ nas bacias otto
4 a partir do modelo USLE4

USOM	SY	ps5us4	ps6us4	ps7us4
1,000	0,001	0,246	0,444	2,181
3,000	0,059	1,899	2,762	$12,\!684$
$2,\!000$	0,001	0,902	1,393	6,520
$1,\!000$	0,000	2,265	3,591	$16,\!951$
$1,\!000$	0,000	6,398	8,661	38,881
$3,\!000$	0,039	2,770	5,470	$27,\!678$
3,000	$0,\!595$	$13,\!900$	$20,\!590$	$95,\!115$
$1,\!000$	0,000	3,522	5,209	$24,\!048$
$2,\!000$	0,008	3,652	4,726	20,919
$2,\!000$	$0,\!001$	2,217	3,742	18,016
3,000	$0,\!087$	2,656	3,490	$15,\!518$
$1,\!000$	0,000	3,921	5,902	$27,\!404$
$1,\!000$	0,000	5,041	6,485	$28,\!647$
$3,\!000$	$0,\!390$	0,933	1,357	6,231
3,000	$0,\!116$	2,490	$3,\!143$	13,798
$3,\!000$	$0,\!019$	2,122	2,939	$13,\!290$
3,000	$0,\!112$	1,252	1,560	6,823
3,000	0,308	4,094	6,151	$28,\!541$
3,000	$0,\!153$	10,322	$12,\!910$	$56,\!521$
2,000	0,005	9,706	$12,\!519$	$55,\!345$
3,000	$0,\!182$	1,135	$1,\!649$	7,569
3,000	0,033	2,119	$2,\!653$	$11,\!622$
3,000	0,096	5,495	7,692	$34,\!905$
$1,\!000$	0,001	$17,\!371$	$24,\!634$	112,232
$1,\!000$	0,000	$24,\!026$	$33,\!523$	151,950
Continua	a pagina.			

USOM	SY	ps5us4	ps6us4	ps7us4
1,000	0,000	41,114	50,224	218,247
2,000	0,001	$14,\!070$	$21,\!138$	98,086
$3,\!000$	$0,\!499$	$3,\!498$	$4,\!627$	20,623
1,000	0,000	3,032	$4,\!277$	19,453
2,000	0,004	8,331	12,403	57,388
1,000	0,000	1,293	1,806	$8,\!191$
1,000	0,000	$0,\!696$	1,024	4,723
1,000	0,001	$3,\!285$	4,748	21,766
2,000	0,001	$3,\!284$	4,551	20,585
2,000	0,003	0,217	0,360	1,727
2,000	0,003	$1,\!178$	1,557	6,940
1,000	0,000	22,923	27,878	$120,\!973$
3,000	1,715	$0,\!104$	$0,\!152$	0,699
3,000	7,759	0,008	0,012	0,059
2,000	0,003	0,014	0,024	$0,\!118$
3,000	47,711	0,057	0,097	0,468
2,000	0,007	12,738	21,138	$101,\!226$
3,000	0,022	$0,\!113$	0,230	$1,\!175$
2,000	0,004	1,076	1,867	9,069
1,000	0,000	0,147	0,244	$1,\!172$
3,000	0,236	0,036	0,061	0,296
3,000	0.015	0.013	0.027	0.138
3,000	0,070	2,740	4,946	24,327
3,000	12,054	1,085	1,740	8,243
1,000	0,000	12,847	20,432	96,540
1,000	0,000	11,590	17,764	82,951
2,000	0,002	1,462	$2,\!170$	10,030
1,000	0,001	4,116	$6,\!154$	28,515
1,000	0,000	2,467	4,037	19,249
1,000	0,000	3,262	4,874	22,575
1,000	0,000	0,392	0,628	2,973
1,000	0,000	0,247	0,369	1,712
1,000	0,000	2,398	$3,\!655$	17,039
3,000	0,025	0,754	1,466	7,385
1,000	0,000	$3,\!489$	5,236	24,286
1,000	0,000	9,221	13,559	62,489
1,000	0,000	4,873	$6,\!879$	31,295
1,000	0,000	2,569	4,269	20,457
1,000	0,000	$9,\!676$	13,731	62,570
1,000	0,000	7,813	8,991	38,339
3,000	0,483	$4,\!635$	7,118	33,262
1,000	0,001	4,993	$8,\!139$	38,761
1,000	0,000	1,256	1,660	7,397
3,000	0,249	15,370	21,669	98,540
3,000	0,031	12,239	16,321	72,926
1,000	0,000	39,989	60,564	281,754
1,000	0,000	4,551	$6,\!179$	27,769
3,000	0,400	$4,\!114$	$5,\!353$	23,735
1,000	0,000	$6,\!504$	9,310	42,545
2,000	0,004	$5,\!852$	$9,\!160$	43,064
3,000	$1,\!230$	2,517	3,770	17,479
1,000	0.000	8.087	11,325	51.392
)	- ,	,	,

USOM	\mathbf{SY}	ps5us4	ps6us4	ps7us4
3,000	0,041	12,001	$17,\!998$	83,470
$3,\!000$	1,015	3,945	5,962	27,718
3,000	0,018	11,712	18,020	$84,\!250$
3,000	0,894	3,696	5,045	22,708
2,000	0,002	3,652	5,864	27,793
1,000	0,000	0,254	0,342	1,533
1,000	0,001	0,575	0,788	3,552
,	<i>,</i>	,	,	,

APÊNDICE B:

Tabelas producidas no cálculo da regresão linear no software R project.

$\mathrm{ps1us1}$				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	0.0157942	0.0015223	10375	< 2e-16 ***
dados\$ps5us1	-0.0004805	0.0005343	-899	371
dados USOM	-0.0044292	0.0005506	-8045	1.55e-12 ***

Tabela 18 – Coeficientes de regressão linear do modelo ps1us1

Residual standard error: 0.006461 on 103 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.4593, Adjusted R-squared: 0.4061 F-statistic: 32.42 on 2 and 103 DF, p-value: 1.2e-11

Tabela 19 – Coeficientes de regressão linear do modelo ps2us.

ps2us1				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	0.0158430	0.0015303	10353	< 2e-16 ***
dados\$ps6us1	-0.0003778	0.0003984	-948	345
dados USOM	-0.0044432	0.0005514	-8059	1.44e-12 ***

Residual standard error: 0.006458 on 103 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.4592, Adjusted R-squared: 0.4442 F-statistic: 32.49 on 2 and 103 DF, p-value: 1.147e-11

Tabela 20 – Coeficientes de regressão linear do modelo ps3us1

$\mathrm{ps}3\mathrm{us}1$				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	1.586e-02	1.533e-03	10346	< 2e-16 ***
dados\$ps7us1	-8.561e-05	8.889e-05	-963	338
dados USOM	-4.448e-03	5.516e-04	-8063	1.42e-12 ***

Residual standard error: 0.006457 on 103 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.4593, Adjusted R-squared: 0.4439 F-statistic: 32.52 on 2 and 103 DF, p-value: 1.131e-11

Tabela $21 - \text{Coeficientes}$	le regressão linear o	lo modelo j	ps1us2
-----------------------------------	-----------------------	-------------	--------

$\mathrm{ps1}\mathrm{us2}$				
Coefficients:	$\mathbf{Estimate}$	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	0.0160918	0.0016248	9904	< 2e-16 ***
dados\$ps5us2	-0.0008269	0.0008410	-983	328
dados USOM	-0.0044867	0.0005567	-8060	1.44e-12 ***

Residual standard error: 0.006456 on 103 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.4233, Adjusted R-squared: 0.4429 F-statistic: 32.55 on 2 and 103 DF, p-value: 1.109e-11

Tabela22 – Coeficientes de regressão linear do modelo ps
2us2

$\mathrm{ps2us2}$				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	0.0161368	0.0016373	9856	< 2e-16 ***
dados\$ps6us2	-0.0006279	0.0006237	-1007	316
dados USOM	-0.0045034	0.0005592	-8054	1.48e-12 ***

Residual standard error: 0.006455 on 103 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.4606, Adjusted R-squared: 0.4428 F-statistic: 32.59 on 2 and 103 DF, p-value: 1.084e-11

Tabela 23 – Coeficientes de regressão linear do modelo ps3us2

$\mathrm{ps}3\mathrm{us}2$				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	0.0161493	0.0016410	9841	< 2e-16 ***
dados\$ps7us2	-0.0001407	0.0001389	-1013	314
dados USOM	-0.0045084	0.0005600	-8051	1.5e-12 ***

Residual standard error: 0.006454 on 103 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.4602, Adjusted R-squared: 0.4429 F-statistic: 32.6 on 2 and 103 DF, p-value: 1.077e-11

$\mathrm{ps1us3}$				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	-0.0347578	0.0082830	-4196	8.28e-05 ***
dados\$ps5us2	0.0002059	0.0017888	115	909
dados susom 2	0.0301306	0.0040362	7465	2.40e-10 ***

Residual standard error: 0.03148 on 67 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.3863, Adjusted R-squared: 0.3744 F-statistic: 24.59 on 2 and 67 DF, p-value: 9.807e-09

Tabela 25 – Coeficientes de regressão linear do modelo ps2us3

$\mathrm{ps}2\mathrm{us}3$				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	-0.0355153	0.0081178	-4375	4.42e-05 ***
dados\$ps6us1	0.0003828	0.0009343	410	683
dados usom 2	0.0302033	0.0040241	7506	2.03e-10 ***

Residual standard error: 0.02787 on 66 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.3869, Adjusted R-squared: 0.3749 F-statistic: 28.17 on 2 and 66 DF, p-value: 1.427e-09

Tabela 26 – Coeficientes de regressão linear do modelo ps3us3

ps3us3				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	-3.537e-02	8.120e-03	-4356	4.72e-05 ***
dados\$ps7us1	7.375e-05	2.064 e-04	357	722
dados\$usom2	3.019e-02	4.025 e-03	7500	2.08e-10 ***

Residual standard error: 0.02788 on 66 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.387, Adjusted R-squared: 0.3751 F-statistic: 28.14 on 2 and 66 DF, p-value: 1.455e-09

ps1us4				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	-0.0347578	0.0082830	-4196	8.28e-05 ***
dados\$ps5us2	0.0002059	0.0017888	115	909
dados usom 2	0.0301306	0.0040362	7465	2.40e-10 ***

Tabela 27 – (Coeficientes o	le regressão	linear d	o modelo	ps1us4
---------------	----------------	--------------	----------	----------	--------

Residual standard error: 0.0279 on 66 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.3873, Adjusted R-squared: 0.3754 F-statistic: 28.03 on 2 and 66 DF, p-value: 1.541e-09

			_	_	
Tabela $28 -$	Coefficientes.	de regressão	linear do	modelo	ns2us4
	000110110000	ac regressae	initional do	modello	PD= aD I

$\mathrm{ps2us4}$				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	-3.417e-02	8.285 e-03	-4124	0.000106 ***
dados\$ps6us2	-8.886e-05	1.285 e-03	-69	0.945071
dados usom 2	3.006e-02	4.034e-03	7452	2.53e-10 ***

Residual standard error: 0.0279 on 66 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.3875, Adjusted R-squared: 0.3756 F-statistic: 28.02 on 2 and 66 DF, p-value: 1.548e-09

Tabela 29 – Coeficientes de regressão linear do modelo ps3us4

ps3us4				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$
(Intercept)	-3.398e-02	8.281e-03	-4104	0.000114 ***
dados ps7us2	-3.626e-05	2.823 e-04	-128	0.898204
dados usom 2	$3.004 \mathrm{e}{-}02$	4.033e-03	7450	2.55e-10 ***

Residual standard error: 0.0279 on 66 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.3876, Adjusted R-squared: 3757 F-statistic: 28.03 on 2 and 66 DF, p-value: 1.539e-09