



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

VLADIMIR DE SOUZA

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO LAMINAR NA BACIA
DO RIBEIRÃO CENTENÁRIO (REGIÃO DE MARINGÁ – PR) COM AUXÍLIO
DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

MARINGÁ

2008

VLADIMIR DE SOUZA

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO LAMINAR NA BACIA
DO RIBEIRÃO CENTENÁRIO (REGIÃO DE MARINGÁ – PR) COM AUXÍLIO
DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia (DGE) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

MARINGÁ

2008

VLADIMIR DE SOUZA

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO LAMINAR NA BACIA
DO RIBEIRÃO CENTENÁRIO COM AUXÍLIO DE TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia (DGE) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em: 28 / 11 / 2008

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto

Professor (a) convidado (a): Dr. Manoel Luís dos Santos

Professor (a) convidado (a): Alan Fontana

MARINGÁ

2008

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, por tudo que me proporcionou na vida.

A minha família, em especial meus pais *José Natalino de Souza e Anicia Garcia de Souza*;

Ao professor *Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto*, pela orientação, incentivo, confiança e amizade nesses anos de convivência.

Ao CNPq (Conselho Nacional Pesquisa), pela concessão de bolsa de iniciação científica ao longo da graduação;

Aos professores do GEMA (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente), em especial *Dr^a Marta Luzia de Souza, Dr. Edvard Elias Souza Filho, Dr. Manoel Luís dos Santos e Dr. José Cândido Stevaux*, pela amizade e conhecimentos transmitidos.

Aos professores da graduação, em especial *Dr. Fernando Luís Santil, Dr. Jorge Ulysses Guerra Villa Lobos; Dr. Paulo Nakashima, Dr. Messias Modesto dos Passos, Ms. Margarida Facin, Dr^a Maria Tereza Nóbrega e Ms Américo José Marques*, pelos conhecimentos transmitidos.

A Geógrafa e companheira *Marcela Manetti Skraba*, pelas sugestões na pesquisa e ajuda em trabalhos de campo;

A todos os alunos de graduação e pós-graduação do GEMA (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente).

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SIGLAS	ix
1. INTRODUÇÃO	11
2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS	16
4. OBJETIVOS	18
4.1 Objetivo Geral	18
4.2 Objetivos Específicos	18
5. MÉTODOS E TÉCNICAS	19
5.1 Fator erosividade das chuvas (R)	19
5.2 Fator erodibilidade dos solos (K)	20
5.3 Fator declive e comprimento de rampa (LS)	20
5.4 Fator uso e manejo do solo (C)	21
5.5 Fator prática conservacionista (P)	21
6. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	22
6.1 Fatores que compõem a EUPS	22
6.1.1 Fator erosividade das chuvas (R).....	22
6.1.2 Fator erodibilidade dos solos (K).....	23
6.1.2.1 Valores do fator K obtidos em laboratório.....	24
6.1.2.2 Valores do fator K obtidos na literatura.....	25
6.1.3 Fator comprimento de rampa (L).....	25
6.1.4 Fator declividade (S).....	26
6.1.5 Fator uso e manejo do solo (C).....	27
6.1.6 Fator prática conservacionista (P).....	29
6.2 Aplicação da EUPS com os valores do fator K (erodibilidade) obtidos em laboratório	29
6.2.1 Estimativa de perdas de solo anual.....	29
6.2.2 Estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o inverno e a primavera.....	30

6.2.3 Estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono.....	32
6.3 Aplicação da EUPS com valores do fator K (erodibilidade) obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999)	33
6.3.1 Estimativa de perdas de solo anual.....	33
6.3.2 Estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o inverno e a primavera com valores do fator K obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999).....	34
6.3.3 Estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono com valores do fator K obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999)	36
6.4 Comparação entre os resultados alcançados de perdas de solo anual.....	37
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
8. BIBLIOGRAFIA.....	40
9. ANEXOS.....	44
9.1 Sistematização dos dados através da ferramenta LEGAL do SIG SPRING 4.3.3.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo.....	13
Figura 2 – Fotografias mostrando a ocupação do solo.....	14
Figura 3. Variação da média anual de precipitação entre os anos de 1977 – 2007..	22
Figura 4. Variação mensal da média de precipitação do ano de 2007.....	23
Figura 5. Distribuição dos tipos de solos da área de estudo.....	24
Figura 6. Principais tipos de solos encontrados na bacia do ribeirão Centenário....	24
Figura 7. Mapa de distâncias das vertentes em relação à rede de drenagem da área de estudo.....	26
Figura 8. Carta de declividade da área de estudo.....	27
Figura 9. Uso e ocupação do solo na bacia do ribeirão Centenário.....	28
Figura 10 – Carta de estimativa anual de perda de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório).....	30
Figura 11– Carta de estimativa de perdas de solo sazonal na bacia do ribeirão Centenário(fator K obtido em laboratório).....	31
Figura 12 – Carta de estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório).....	32
Figura 13 – Carta de estimativa anual de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura).....	33
Figura 14 – Locais classificados segundo equação universal de perdas de solo.....	34
Figura 15 – Carta de estimativa sazonal de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura).....	35
Figura 16– Carta de estimativa sazonal de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura).....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice de erosividade obtidos para o ano de 2007 e para os períodos do mesmo ano compreendidos entre o inverno-primavera e verão-outono.....	23
Tabela 2. Índice de erodibilidade obtidos para as classes de solos da área de estudo através do ensaio de absorção de água (S) e perda de massa por imersão (P).....	25
Tabela 3. Índice de erodibilidade em t.h/Mj obtidos para as classes de solos do estado de São Paulo e aferidos aos solos existentes na área de estudo.....	25
Tabela 4. Área ocupada pelas classes de comprimento de rampa na bacia do ribeirão Centenário.....	26
Tabela 5. Área ocupada pelas classes de declividade na bacia do ribeirão Centenário.....	27
Tabela 6. Área ocupada pelas classes de uso na bacia do ribeirão Centenário e os respectivos índices do fator C – (1) Verão-Outono (2) Inverno-Primavera.....	28
Tabela 7. Valores do fator P da EUPS atribuídos as classes de uso do solo.....	29
Tabela 8- Área ocupada por cada classe de estimativa anual de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório).....	30
Tabela 9- Área ocupada por cada classe de estimativa sazonal de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório).....	31
Tabela 10 - Área ocupada por cada classe de estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e outono na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório)	32
Tabela 11- Área ocupada por cada classe de estimativa anual de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura).....	34
Tabela 12- Área ocupada por cada classe de estimativa sazonal de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura).....	35
Tabela 13 - Área ocupada por cada classe de estimativa sazonal de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura).....	37
Tabela 14- Resultados obtidos a partir da aplicação da EUPS e da área ocupada em por cada classe de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário	37

LISTA DE SIGLAS

ECPM.....	Estação Climatológica Principal de Maringá
EUPS	Equação Universal de Perdas de Solos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEGAL.....	Lingagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico
SIG.....	Sistema de Informação Geográfica
SPRING.....	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

RESUMO

O presente trabalho tem com objetivo realizar a estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia do ribeirão Centenário, localizada entre os municípios de Maringá e Mandaguaçu. A predição foi executada a partir da aplicação da EUPS (Equação Universal de Perdas de Solo) sistematizada no SIG (Sistema de Informação Geográfica) SPRING 4.3.3 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). A partir do emprego das técnicas de Geoprocessamento foi possível simular estimativas de perdas de solo por erosão laminar para diferentes épocas do ano de 2007 na área de estudo. Além disso, elaborou-se o cálculo da EUPS utilizando valores de erodibilidade obtidos por meio de diferentes fontes de dados. Os resultados mostraram que nas simulações realizadas sobre perdas de solo anual, os valores acima de 20 ton/(ha.ano) ocupam maior área da bacia seguido pela classe que compreende a estimativa de 0 a 1 ton/(ha.ano). Já os valores de perdas compreendidas entre o intervalo de 5 a 10 ton/(ha.ano) foram os que apresentaram a menor área ocupada na bacia em ambas simulações.

Palavras – chave: Geoprocessamento, Bacia Hidrográfica, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Equação Universal de Perda de Solos (EUPS).

1 – INTRODUÇÃO

O norte central do estado do Paraná foi ocupado a partir de 1940 por imigrantes originários de diversos estados brasileiros, em especial de São Paulo e Minas Gerais. Todo processo de comercialização e loteamento da área foi realizado por companhias colonizadoras. O modelo de exploração e ocupação do território nessa região consistia basicamente na substituição da Floresta Estacional por lavouras de café. A base econômica centrada na cafeicultura manteve-se até meados da década de 1970. A partir de então, diversas transformações na estrutura agrícola ocorreram em nível nacional e, na região, o café foi sendo parcialmente substituído por culturas de ciclos mais curtos como a soja, o algodão e o milho. Em decorrência de um manejo incorreto e das características do meio físico, a região vem sofrendo desde então, consideráveis transformações na paisagem geográfica. Essas mudanças provocam impactos ambientais que acabam por degradar alguns recursos naturais de suma importância para a vida humana, como as florestas nativas, as águas e os solos.

A degradação dos solos nessa região ocorre principalmente na forma de processos erosivos acelerados que são provocados pelo escoamento difuso ou concentrado da água das chuvas na superfície do terreno, sobretudo quando desprovido de cobertura vegetal, nos períodos de inter-safras. Diversas formas de erosão podem ocorrer, como por exemplo: erosão laminar, em sulcos, em ravinas e em voçorocas.

A erosão laminar é considerada uma das manifestações mais importantes e menos perceptíveis do processo erosivo. Seu desenvolvimento ocorre de forma relativamente lenta e os locais de maior incidência são as áreas utilizadas para fins agrícolas (MAFRA, 1999). A identificação e contenção desses processos erosivos dependem do entendimento sistêmico e dinâmico das variáveis que o envolvem.

Diante disso, este trabalho teve como principal objetivo utilizar técnicas de Geoprocessamento para realizar a estimativa de perda de solos por erosão laminar para o ano de 2007 na bacia do ribeirão Centenário, localizada entre os municípios de Maringá e Mandaguaçu no norte central do estado do Paraná.

Para alcançar tal objetivo foram levantados em campo, laboratório e gabinete dados referentes ao relevo, unidades pedológicas, uso e manejo atual do solo, substrato geológico e clima. Posteriormente, essas informações foram inseridas, trabalhadas e inter-relacionadas com suporte de um SIG (Sistema de Informação Geográfica). A

análise final foi realizada com base na interpretação dos dados e dos diversos produtos cartográficos gerados na escala de 1:50 000.

A partir dos resultados obtidos foi possível analisar as áreas onde ocorrem as maiores perdas de solo em diferentes épocas do ano, além de definir as áreas mais suscetíveis aos processos de erosão laminar.

2 - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do ribeirão Centenário localiza-se no norte central do estado do Paraná entre os municípios de Maringá e Mandaguaçu (Fig. 1). Abrange uma área de aproximadamente 28 km² à margem direita ribeirão Atlântico, afluente do rio Pirapó, entre as coordenadas 23° 18' – 23° 23' S e 52° 00' - 52° 06' W.

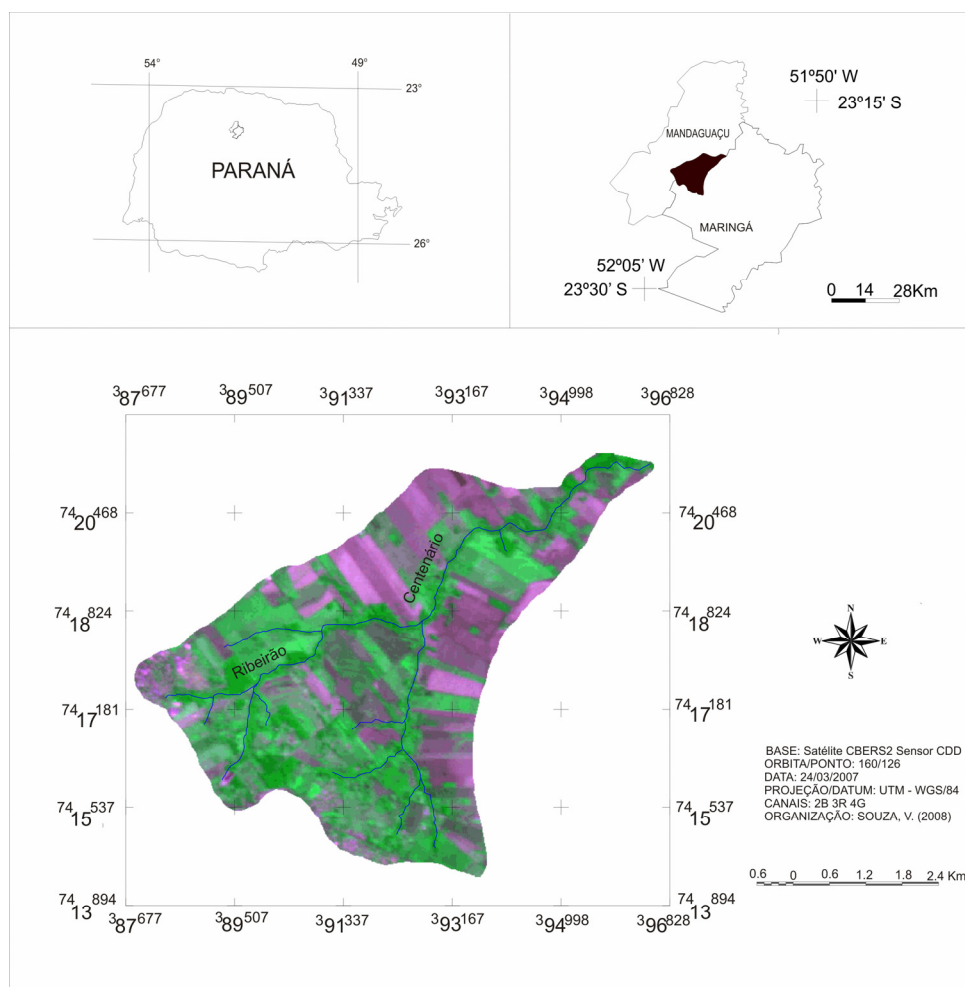


Figura 1- Localização da área de estudo

A história da ocupação da bacia do ribeirão Centenário faz parte de um contexto maior de ocupação territorial do norte central do Paraná. Em 1944 grupos paulistas adquiriram dos ingleses a Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP) e a rebatizaram como Companhia de Melhoramentos do Norte do Paraná (CMNP). Desde então, os novos proprietários dedicaram seus esforços à venda das terras e ao desenvolvimento agropecuário da região (WACHOWICZ, 2001). Até meados da década de 1970, a região manteve sua base econômica centrada na cafeicultura. A partir

disso, devido à ocorrência de diversos fatores, o café foi sendo parcial e sucessivamente substituído por culturas de ciclos mais curtos como a soja, o algodão e o milho. Atualmente, a bacia é ocupada por culturas agrícolas, pastagem, pequena malha urbana e área de preservação permanente (APP) próxima ao ribeirão (Fig. 2).



Figura 2 – Prancha com fotografias mostrando a ocupação do solo: 2.1 – área urbana de Mandaguçu ao fundo; 2.2 – limite entre local destinado à pastagem e área de preservação permanente; 2.3 - pastagem; 2.4 - área destinada às culturas de ciclo temporário

O substrato geológico da área é caracterizado pelo contato entre as rochas eruptivas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral (J/K) com os arenitos da Formação Caiuá (K). As rochas vulcânicas se estendem do terço inferior da vertente até o leito do ribeirão, enquanto as rochas sedimentares estão associadas às áreas mais elevadas da bacia (MINEROPAR, 1986).

A Formação Serra Geral é composta em sua maior parte, por rochas vulcânicas de caráter básico provenientes dos eventos magmáticos fissurais ocorridos durante a era Mesozóica. Os basaltos representam a maior parte das rochas que compõem referida Formação (PINESE e NARDI, 2003).

A Formação Caiuá é constituída por arenitos vermelho-arroxeados altamente friáveis, com estrutura cruzada acanalada que evidenciam exposições fluviais em algumas áreas e estrutura cruzada de grande porte com característica eólica em outras localidades (FERNANDES, 1997). Em relação à mineralogia, os arenitos são constituídos basicamente por alguns óxidos de ferro e quartzo.

O clima da região é classificado segundo Köppen (1978), como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) com tendência de concentração de chuvas no verão e sem estação seca definida. As temperaturas no inverno são inferiores à 18°C e as geadas são pouco frequentes. O verões são quentes com temperaturas superiores à 22°C. A precipitação pluviométrica média anual varia entre 1.250 a 1.500mm. O monitoramento dos dados climáticos da bacia é realizado pela Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM).

A cobertura vegetal natural característica da área é a Floresta Estacional Semidecidual, formação Submontana (IBGE, 1992). No entanto, devido à intensa ocupação antrópica da área em meados século passado, grande parte da floresta foi extraída e cedeu lugar para as atividades agropecuárias. Atualmente uma pequena Área de Preservação Permanente (APP) com espécies nativas da Floresta Estacional pode ser encontrada em alguns locais da bacia.

Em relação à Geomorfologia, o município está inserido na bacia sedimentar Fanerozóica do Paraná, na unidade morfoescultural denominada Terceiro Planalto Paranaense, subunidade Planalto de Maringá (MAACK, 1981; SANTOS et al. 2006). No geral, a bacia apresenta um relevo suavemente ondulado com altitudes que variam de 400 a 560m.

A variedade litológica da área aliada às características do relevo, tempo, atividades biológicas e condições climáticas permitiu o desenvolvimento de diferentes tipos de solos. Esses materiais apresentam propriedades físicas e morfológicas distintas e, em consequência apresentam diferentes comportamentos frente aos processos erosivos de natureza hídrica. Nesse sentido, predomina na bacia a seguinte seqüência de solos do topo ao sopé da vertente: Latossolo Vermelho (LV), textura variando de arenosa à média, Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), textura arenosa na média vertente e Nitossolo Vermelho (NV), textura muito argilosa no terço inferior e sopé das vertentes (CZUIY, 2003; NAKASHIMA e NÓBREGA, 2003). Alguns solos com características hidromórficos e materiais de origem coluvial e aluvial podem ser encontrados próximos às principais drenagens.

3 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

Para o IPT (1985), a erosão é o processo de desagregação e remoção das partículas dos solos pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos.

Zachar (1982), classifica a erosão em geológica ou natural e erosão acelerada, que pode ser subdividida em: acelerada natural e acelerada antrópica. Rodrigues (1984), enfatiza que a erosão acelerada antrópica se desenvolve pela ação combinada de águas superficiais e subsuperficiais (erosão hídrica), condicionada por fatores locais como desmatamentos e ocupação desordenada do território. A erosão provocada pelo homem é a que deve ser identificada e contida.

Carson e Kirkby (1975), consideram dois tipos de processos de erosão causados pela água da chuva: a erosão por fluxo não concentrado (laminar) e a erosão por fluxo concentrado (sulcos).

Bertoni e Lombardi Neto (1999), conceituam a erosão laminar como a remoção de camadas delgadas do solo sobre uma área. Para os autores, esse fenômeno representa a forma de processo erosivo menos notável e mais perigosa.

As perdas de solo por erosão laminar são comandadas por diversos fatores relacionados às condições naturais e a ocupação antrópica do terreno (SALOMÃO, 1999). De um modo geral, os principais fatores que influenciam as perdas de solo por erosão laminar são: chuva, cobertura vegetal ou uso da terra, topografia e tipos de solos (BISSIONAIS et al., 2001).

Os processos erosivos podem ser estudados com a utilização de diferentes abordagens, sejam elas de cunho quantitativo ou qualitativo. A pesquisa de caráter quantitativa normalmente utiliza-se de métodos indiretos e de modelagem matemática para estimar as perdas de solos. Já os trabalhos qualitativos visam identificar as áreas propícias ao desenvolvimento de processos erosivos. A classificação qualitativa das áreas normalmente é expressa em níveis que variam de pouco a extremamente suscetíveis à ocorrência de processos erosivos.

Wischmeier e Smith (1958), depois de analisarem mais de oito anos de dados de erosão em trabalhos de monitoramento em campo em alguns estados norte-americanos apresentaram a *Universal Soil Loss Equation (ULSE)* ou Equação Universal de Perda de Solos (EUPS). Esse modelo matemático exprime a relação dos principais fatores que influenciam a erosão pela chuva: fator erosividade da chuva (R), fator erodibilidade do

solo (K), fator comprimento de rampa (L), fator grau de declive do terreno (S), fator uso e manejo do solo (C) e fator prática conservacionista do solo (P).

No Brasil, o trabalho publicado por Bertoni et al junto a o IAC (Instituto Agrônômico de Campinas) em meados da década de 1970 é considerado pioneiro na aplicação da EUPS (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999). Desde então, diversos pesquisadores vem tentando avaliar os fatores da equação para outras regiões do país. A predição de perda de solos por erosão laminar é de suma importância para o Brasil, pois auxilia significativamente os trabalhos relacionados ao manejo e conservação dos solos, sobretudo em áreas agrícolas.

Os modelos matemáticos utilizados para estimar perda de solos por erosão laminar apresentam-se como alternativa para o estudo de ordenamento do uso do solo em áreas agrícolas, principalmente a partir do uso e do aprimoramento das técnicas de Geoprocessamento e do desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Essas ferramentas além de predizer a quantidade de material transportado possibilitam espacializar os dados calculados. A partir disso, as políticas agro-ambientais de planejamento conservacionista dos solos podem ser mais bem direcionadas.

Assad (1999) define Geoprocessamento como uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações Geográficas. Para o autor, os SIG's representam os instrumentos computacionais do Geoprocessamento e permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados.

Diversos trabalhos utilizando técnicas de Geoprocessamento e SIG para aplicação da EUPS podem ser encontrados na literatura como, por exemplo: Prado (2005), Tomazoni e Guimarães (2005), Morais (2007), Ribeiro e Alves (2007).

4 – OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Estimar as perdas de solos por erosão laminar para o ano de 2007 na bacia do ribeirão Centenário utilizando a EUPS (Equação Universal de Perda de Solos).

4.2 Objetivos Específicos

- Identificar as formas de uso, ocupação e de práticas conservacionistas do solo na bacia;
 - Determinar o índice anual e sazonal de erosividade da chuva a partir da análise temporal de dados climáticos;
 - Determinar o índice de erodibilidade das classes de solos existentes na bacia através da coleta do material e ensaios em laboratório;
 - Organizar um banco de dados georreferenciado para área de estudo com informações referentes às variáveis que influenciam na erosão laminar;
 - Realizar o inter-relacionamento dos dados levantados com suporte do SIG - SPRING
- 4.3.3. (CAMARA et al., 1996)
- Realizar o cálculo da EUPS utilizando valores do fator K obtidos em laboratório e dados existentes na literatura;
 - Comparar os resultados alcançados entre o cálculo da EUPS que utilizou dados de erodibilidade obtidos em laboratório com os resultados obtidos da equação que usou valores do fator K encontrados na literatura;

5 - MÉTODOS E TÉCNICAS

Esse trabalho obedeceu aos princípios e parâmetros da EUPS (Equação Universal de Perda de Solos) proposta por Wischmeier e Smith (1958) *apud* Bertoni e Lombardi Neto (1999). A EUPS é assim expressa:

$$A = RKLSCP, \text{ onde:}$$

A = Perda de solo calculada em unidade de área, t/ha.ano

R = Fator erosividade da chuva, Mj.mm/ha.h.ano

K = Fator erodibilidade do solo, ton.h/Mj/mm/.ano

L = Fator comprimento de rampa (adimensional)

S = Fator grau de declive do terreno (adimensional)

C = Fator uso e manejo do solo (adimensional)

P = Fator prática conservacionista (adimensional)

A sistematização dos atributos da EUPS no SIG – SPRING 4.3.3 seguiu as orientações descritas por Prado (2005) e Morais (2007). As variáveis que constituem a EUPS (erosividade, erodibilidade, comprimento e declividade das vertentes, uso, manejo e práticas de conservação dos solos) foram levantadas em etapas que envolveram trabalhos de campo, laboratório e gabinete.

5.1 Fator erosividade das chuvas (R)

A erosividade corresponde a um valor numérico que demonstra a capacidade da chuva em causar erosão. A melhor forma de expressar a erosividade é a partir de um índice baseado na energia cinética da chuva (MORGAN, 1995). No entanto, devido à carência de aparelhos que registrem valores relacionados a essa energia, alguns autores propuseram calcular o índice de erosividade baseado em dados de precipitação. Neste trabalho, o fator R da EUPS foi determinado por meio da seguinte equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) *apud* Bertoni e Lombardi Neto (1999):

$$EI = 67.355 (r^2/P)^{0,85}, \text{ onde:}$$

EI = média mensal do índice de erosão expressa em Mj.mm/ha.h

r = precipitação média mensal em milímetros (mm);

P = precipitação média anual em milímetros (mm);

Os valores de precipitação foram obtidos junto à Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM).

5.2 Fator erodibilidade dos solos (K)

Greenland e Lal (1977), definem o termo erodibilidade como a capacidade do solo em sofrer erosão a partir das forças que causam destacamento e transporte das partículas. Bryan (2000) enfatiza que de um modo geral, os estudos realizados sobre perdas de solos raramente leva em consideração as propriedades que afetam a erodibilidade. Essas propriedades são importantes, pois se referem às particularidades pedológicas de cada material analisado e podem ser decisivas para determinar as áreas com maior fragilidade aos processos erosivos.

Nesse trabalho, aplicou-se a EUPS utilizando valores de erodibilidade obtidos em laboratório e valores pré-estabelecidos na literatura. Com isso, foi possível realizar uma análise comparativa entre os resultados obtidos em ambas simulações.

Os dados de laboratório foram obtidos a partir da metodologia sugerida por Nogami e Villibor (1979) e adaptada por Pejon (1992). Essa consiste no inter-relacionamento de valores alcançados nos ensaios laboratoriais de absorção de água (S) e perda de massa por imersão (P). Os ensaios são realizados após a coleta indeformada do material em campo. O índice de erodibilidade é obtido através da expressão:

$$E = 40S/P, \text{ onde:}$$

E = Erodibilidade;

S e P são valores determinados em ensaios laboratoriais;

Já os valores da literatura utilizados nesse trabalho, foram determinados por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Esses dados são provenientes de anos de medidas experimentais realizadas em monitoramento de campo em diversos grupos de solos que ocorrem no estado de São Paulo.

Todos os dados obtidos foram atribuídos espacialmente ao banco de dados por meio do processo de ponderação, disposto no programador LEGAL do SIG SPRING 4.3.3 (Anexos).

5.3 Fator declive e comprimento de rampa (LS)

O fator topográfico (LS) expressa à expectativa de perda de solo por unidade de área em função dos valores de comprimento da rampa e de declividade do terreno. Vale lembrar que o fator LS não leva em consideração o formato da vertente, como côncava ou convexa.

Neste trabalho, o cálculo do fator LS da EUPS foi realizado segundo a equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999).

$$LS=0.00984 C^{0,63} D^{1,18}, \text{ onde}$$

LS = Fator topográfico

C = Comprimento da rampa em metros

D = grau de declive em porcentagem

O fator L da EUPS foi gerado no ambiente SIG a partir da função “mapa de distâncias” em um plano de informação numérico. Esse plano de informação armazenou uma grade numérica de distância, que foi gerada tendo como referencia o plano de informação vetorial da rede de drenagem.

Já o fator S, também calculado e elaborado no ambiente SIG, foi obtido a partir de uma grade triangular (TIN) gerada através da interpolação das curvas de nível. Vale lembrar que as curvas de nível foram digitalizadas a partir da carta topográfica 22-Y-D-II-4, produzida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A integração e o cálculo dos dois fatores no SIG foram realizados por meio do programador legal (Anexos).

5.4 Fator uso e manejo do solo (C)

O fator C da EUPS corresponde a um índice que determina o quanto cada espécie de cobertura vegetal oferece de proteção ao solo ao longo de diferentes épocas do ano. Neste trabalho o uso e manejo do solo foi verificado por meio de censos mensais do ano de 2007 do sensor CBERS 2/CDD e trabalhos de campo. A partir disso foi elaborado um mapa de uso do solo.

Os valores do fator C foram determinados a partir dos índices estipulados por Araújo Jr (2007). Os valores obtidos foram então atribuídos espacialmente ao banco de dados por meio do processo de ponderação, disposto no programador legal do SIG (Anexos).

5.5 Fator prática conservacionista (P)

O fator P da EUPS representa um índice relacionado ao sistema conservacionista adotado pelas propriedades agrícolas. Neste trabalho, as práticas conservacionistas utilizadas nas áreas agrícolas foram identificadas através de trabalhos de campo. Os índices do fator P da EUPS utilizados nesse trabalho foram obtidos em pesquisas realizadas por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Assim como os valores aferidos ao fator uso e manejo do solo (C), os índices do fator P foram integrados ao banco de dados por meio do processo de ponderação.

6. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

6.1 Fatores que compõem a EUPS

Para aplicação do modelo matemático denominado EUPS realizou-se inicialmente o levantamento das variáveis que o compõem. Assim, segue abaixo os resultados obtidos desses atributos.

6.1.1 Fator erosividade das chuvas (R)

Os valores obtidos referente ao fator R para o ano de 2007 foram baseados em dados de precipitação pluviométricos obtidos junto à Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM). Para o referido cálculo, necessita-se de valores de precipitação média anual e mensal, expressos em milímetros (mm).

A precipitação média anual obtida foi de 1.619,44mm segundo análise dos dados do período compreendido entre 1977 e 2007 (Fig. 3).

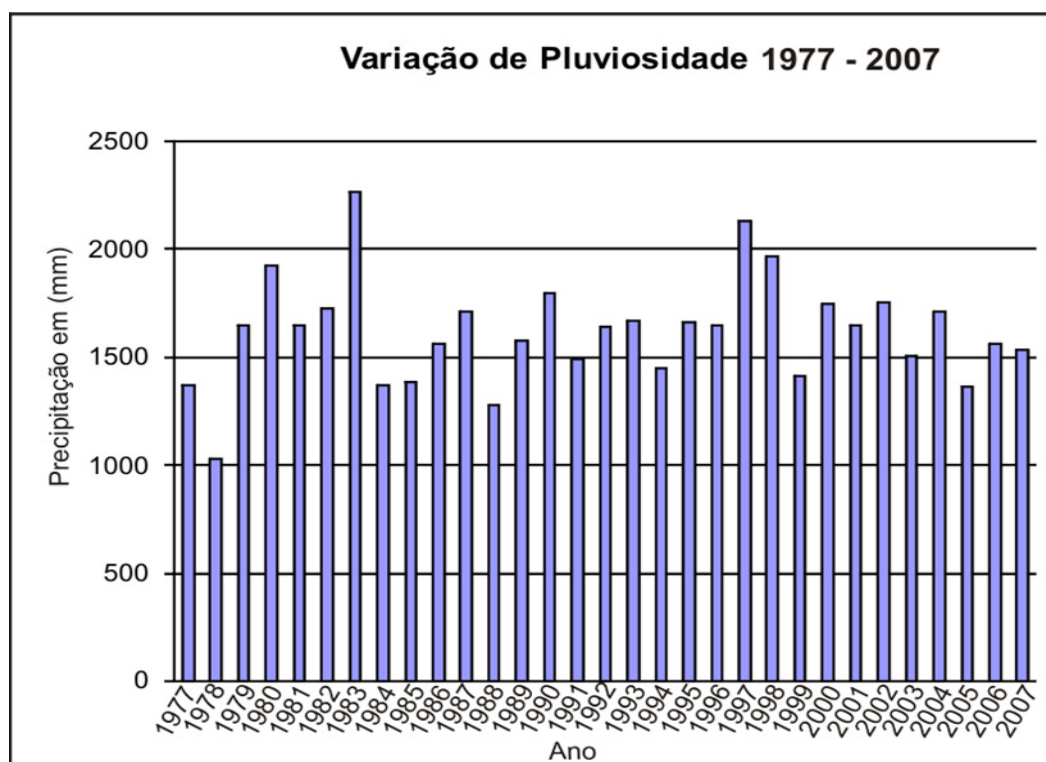


Figura 3- Variação da média anual de precipitação entre os anos de 1977 – 2007

Já a precipitação pluviométrica média mensal do ano de 2007 foi 128,11mm. Em relação aos dados, observa-se um alto valor de precipitação ocorrido no mês de julho, fato não característico para os padrões do clima da região (Fig.4).

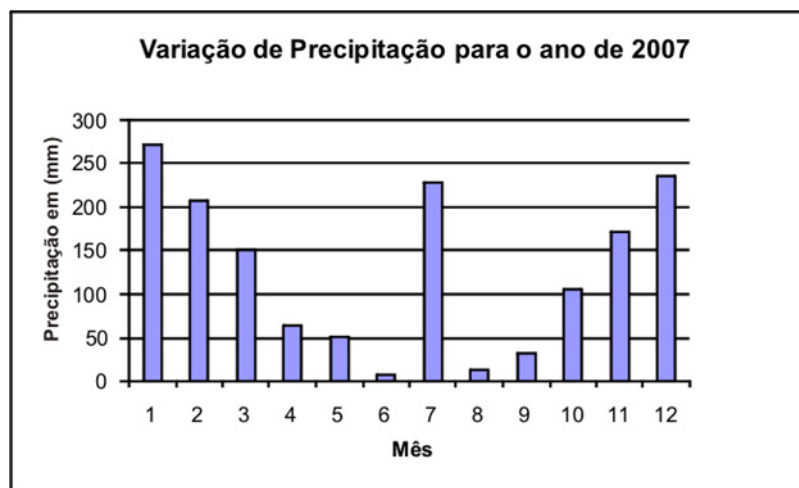


Figura 4- Variação mensal da média de precipitação do ano de 2007

A partir dos resultados obtidos foi possível calcular o índice de erosividade para o ano de 2007.

Visando analisar a variação de perdas de solos em função da sazonalidade agrícola, calculou-se também o fator R para o período compreendido entre o inverno - primavera e verão - outono (Tabela 1). Com isso foi possível estimar as perdas de solo por erosão laminar anual e sazonal da área de estudo.

Vale lembrar que o índice de erosividade (R) obtido, tanto anual quanto sazonal, foi considerado para toda área da bacia.

Tabela 1- Índice de erosividade obtidos para o ano de 2007 e para os períodos do mesmo ano compreendidos entre o inverno-primavera e verão-outono

Período	Erosividade em Mj.mm/ha.h
2007	5787,38
Inverno-Primavera	3001,63
Verão- Outono	2788,39

6.1.2. Fator erodibilidade dos solos (K)

Conforme descrito no decorrer deste trabalho, realizou-se uma comparação entre o cálculo da EUPS com os valores de erodibilidade obtidos em ensaios de laboratório com os valores do fator K propostos na literatura.

No entanto, para a aferição dos valores do fato K ao banco de dados, fez-se necessário, inicialmente, construir uma carta de solos. O referido mapa (Fig. 5), também elaborado em ambiente SIG, foi subsidiado pelos trabalhos de campo, pelo mapa

pedológico de Maringá- PR com escala de 1:40.000 (EMATER *apud* QUEIROZ, 2003), além do trabalho de Czui (2003).

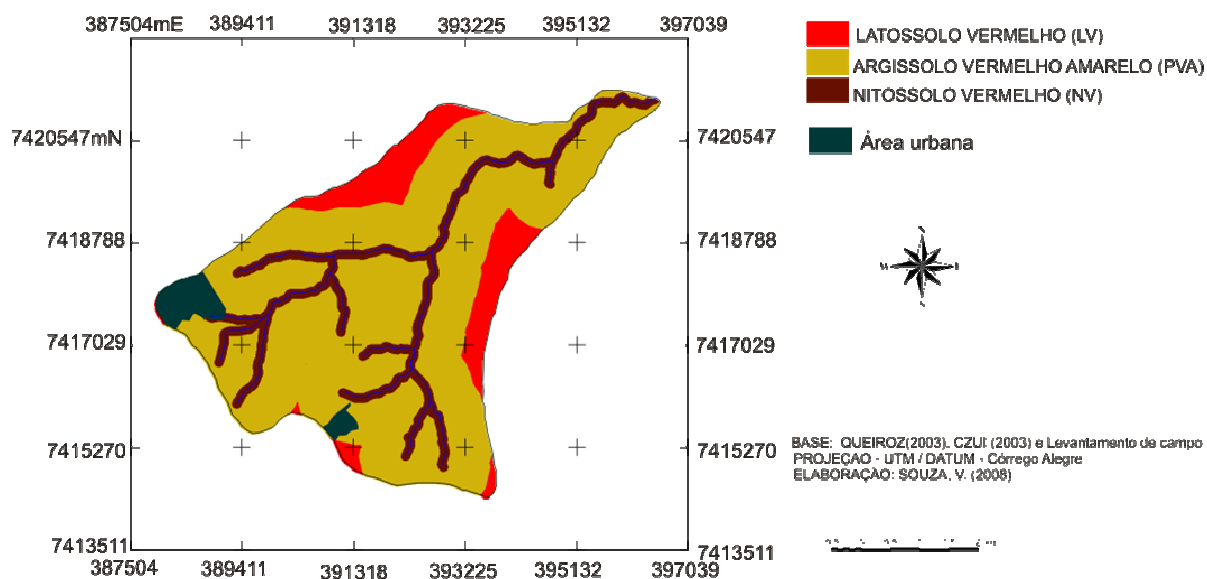


Figura 5- Distribuição dos tipos de solos da área de estudo

Os resultados mostraram que na área da bacia ocorre o predomínio das seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho, textura variando de arenosa à média, Argissolo Vermelho Amarelo associado ao Argissolo Vermelho, ambos de textura arenosa e Nitossolo Vermelho textura muito argilosa (Fig. 6).



Figura 6- Principais tipos de solos encontrados na bacia do ribeirão Centenário: 1 - Argissolo Vermelho Amarelo; 2 - Nitossolo Vermelho; 3 – Latossolo Vermelho

6.1.2.1 Valores do fator K obtidos em laboratório

Os valores do fator K obtidos a partir do ensaio de absorção de água (S) e perda de massa por imersão (P) podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2- Índice de erodibilidade obtidos para as classes de solos da área de estudo através do ensaio de absorção de água (S) e perda de massa por imersão (P)

Classe de solo	Absorção de água (S)	Perda de massa por imersão (%)	Índice de erodibilidade
PVA	0,31	30,84	0,4
LV	0,63	48,79	0,52
NV	0,68	14,89	1,83

Os resultados obtidos foram inicialmente integrados ao banco de dados e espacializados de acordo com cada classe de solo. Posteriormente esses valores foram utilizados para a realização do cálculo da EUPS.

6.1.2.2 Valores do fator K obtidos na literatura

Para aferição dos valores de erodibilidade encontrados na literatura, utilizamos os dados obtidos e propostos por Bertoni e Lombardi Neto (1999). No entanto, para a atribuição desses valores ao banco de dados, realizou-se o cálculo da média entre o valor superficial e subsuperficial dos valores do fator K encontrados (Tabela 3).

Tabela 3- Índice de erodibilidade em t.h/Mj.mm obtidos para as classes de solos do estado de São Paulo e aferidos aos solos existentes na área de estudo - adaptado de Bertoni e Lombardi Neto (1985)

Classe de solo	Erodibilidade superficial	Erodibilidade Subsuperficial	Erodibilidade média
PVA	0,028	0,019	0,023
LV	0,017	0,012	0,0145
NV	0,018	0,011	0,0145

6.1.3 Fator comprimento de rampa (L)

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) quanto maior o comprimento de rampa, mais enxurrada se acumula, e a maior energia resultante se traduz por uma erosão maior. A Figura 7 demonstra o mapa de distância das vertentes em relação à rede de drenagem da bacia do ribeirão Centenário, os valores são expressos em metros.

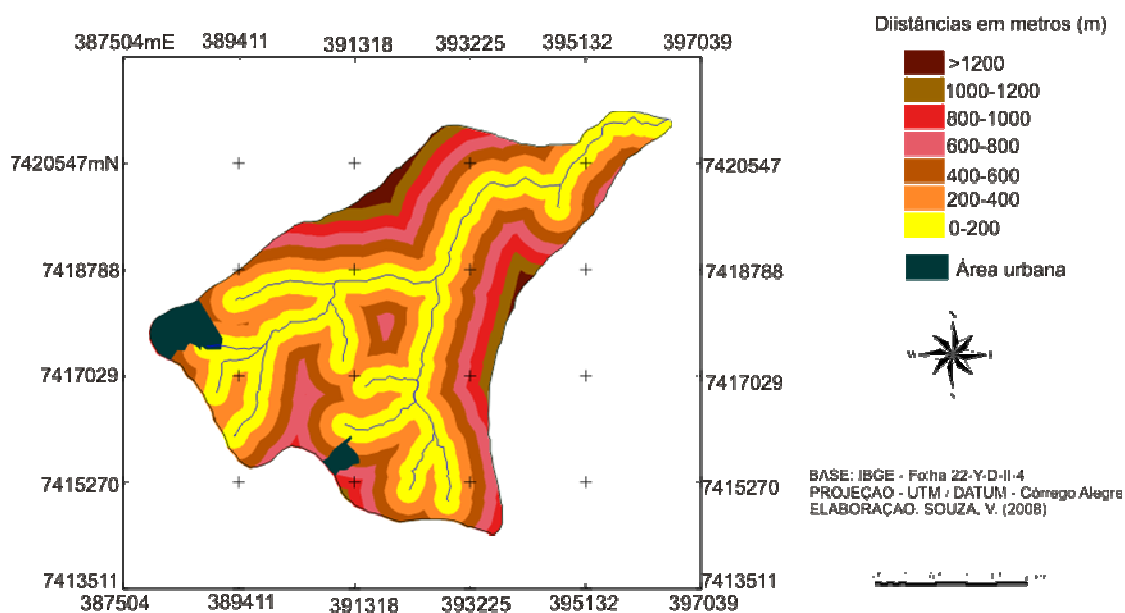


Figura 7- Mapa de distâncias das vertentes em relação à rede de drenagem da área de estudo

Verifica-se no mapa que as vertentes maiores encontram-se no médio curso do ribeirão. Já as vertentes menores localizam-se tanto no setor oeste do alto curso, como na confluência do ribeirão Centenário com o ribeirão Atlântico. Na Tabela 4 pode-se observar a área ocupada no mapa por cada classe temática.

Tabela 4- Área ocupada pelas classes de comprimento de rampa na bacia do ribeirão Centenário

Comprimento da rampa em m	Área ocupada em Km ²
0-200	9,079400
200-400	7,291400
400-600	5,040200
600-800	3,420800
800-1000	1,874700
1000-1200	1,096000
>1200	0,350000
Total	28,152500

6.1.4 Fator declividade (S)

As classes de declividade adotada para esse trabalho seguiu os valores recomendados pela EMBRAPA (1999). Assim, observa-se na figura 8 que as áreas da bacia com declives mais acentuados, variando de 8 a 13%, encontram-se no terço inferior das vertentes e próximas ao ribeirão Centenário. O restante da área, ou seja,

mais de 60% do total apresenta classes de declividade que variam de 0 a 8%. A área ocupada por cada classe de declividade na bacia do ribeirão Centenário pode ser visualizadas na Tabela 5.

Assim, pode-se concluir que a bacia do ribeirão Centenário apresenta um relevo suavemente ondulado com baixa variação de declividade.

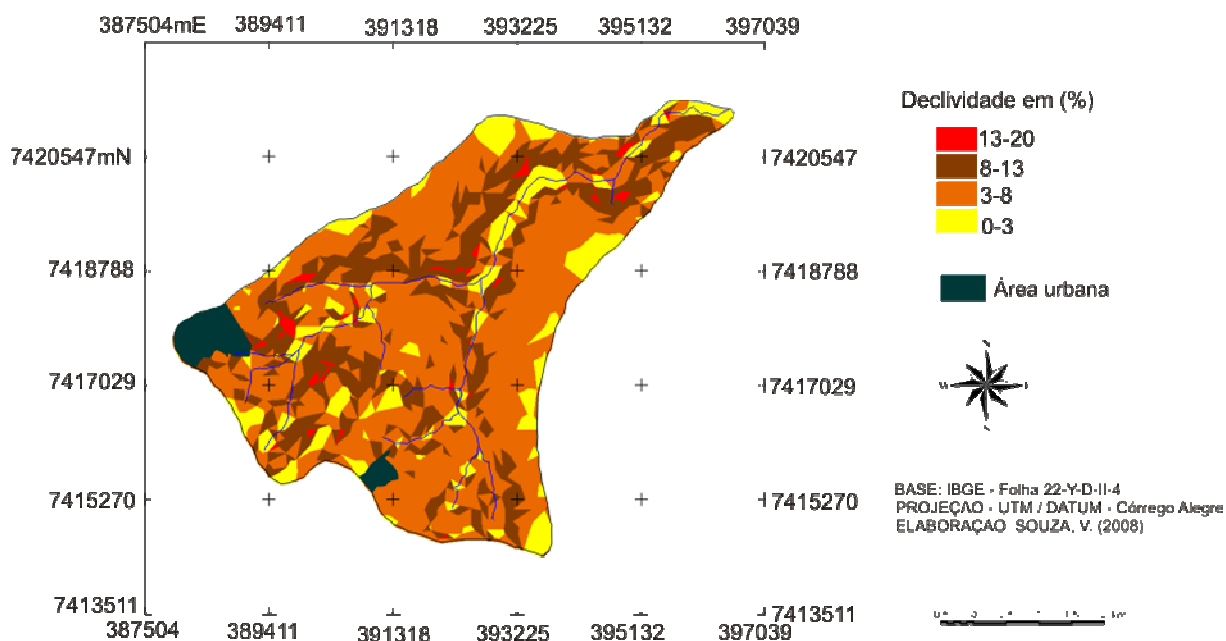


Figura 8- Carta de declividade da área de estudo

Tabela 5- Área ocupada pelas classes de declividade na bacia do ribeirão Centenário

Classe de declividade em %	Área ocupada em Km ²
0-3	3,902200
3-8	16,148700
8-13	7,685300
13-20	0,416300
Total	28,152500

6.1.5 Fator uso e manejo do solo (C)

Para a atribuição dos valores do fator C da EUPS, elaborou-se inicialmente um mapa de uso e ocupação do solo usando como referência trabalhos de campo e cenas do Sensor CBERS2 (Fig. 9). As imagens do satélite sino-brasileiro serviram para demonstrar além do uso e ocupação do solo, o período ao longo do ano em que ocorre a maior e menor cobertura vegetal nas áreas destinadas a agricultura temporária. Assim, constatou-se que o período compreendido entre o verão e o outono apresenta máxima

cobertura vegetal, enquanto que a temporada existente entre o inverno e a primavera a cobertura vegetal do solo é mínima. A partir dessas informações, foi possível atribuir os índices do fator C da EUPS ao banco de dados e estimar perdas de solos por erosão laminar para as áreas destinadas às culturas temporárias de acordo com a sazonalidade agrícola na bacia do ribeirão Centenário (Anexos).

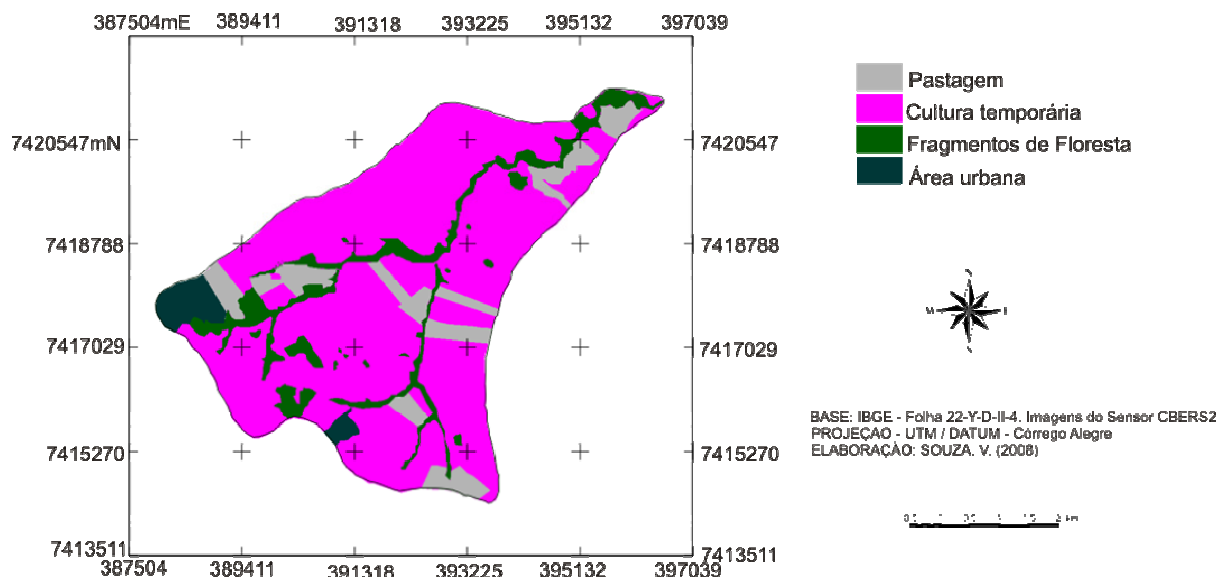


Figura 9. Uso e ocupação do solo na bacia do ribeirão Centenário

Os índices do fator C atribuídos ao banco de dados foram obtidos em Araújo Jr (1997). A Tabela 6 mostra a área ocupada em km² por cada classe de uso do solo e os respectivos índices atribuídos ao fator C da EUPS, de acordo com a sazonalidade agrícola. Pode-se notar que os valores atribuídos as classes mata, área urbana e pastagem não se alteram.

Tabela 6- Área ocupada pelas classes de uso na bacia do ribeirão Centenário e os respectivos índices do fator C – (1) Verão-Outono (2) Inverno-Primavera

Uso do solo	Área ocupada em Km ²	Índice atribuído Sazonal (1)	Índice atribuído Sazonal (2)	Índice atribuído Período anual
Mata	2,995700	0,0004	0,0004	0,0004
Área agrícola	21,268700	0,1	1,0	0,55
Área urbana	0,921600	0,005	0,005	0,005
Pastagem	2,874800	0,01	0,01	0,01
Total	28,060800	-	-	-

6.1.6 Fator prática conservacionista (P)

A principal atividade conservacionista adotada nas áreas destinadas ao uso agrícola da bacia é o do plantio em contorno. A Tabela 7 demonstra os valores do fator P da EUPS atribuídos a cada classe de uso do solo.

Tabela 7- Valores do fator P da EUPS atribuídos as classes de uso do solo

Uso do solo	Índice atribuído ao fator P
Mata	0,2
Área agrícola	0,5
Área urbana	1
Pastagem	0,5

6.2 Aplicação da EUPS com os valores do fator K (erodibilidade) obtidos em laboratório

6.2.1 Estimativa de perdas de solo anual

Os resultados obtidos a partir da aplicação da EUPS para o ano de 2007 com valores do fator K obtidos em laboratório demonstram que a maior parte da área apresenta perdas de solos acima de 20 ton/ha.ano (Fig. 10). A área ocupada na bacia hidrográfica por cada classe temática pode ser visualizada na Tabela 8.

Os altos valores de perdas de solo estimados para esses locais podem ser atribuídos principalmente ao elevado índice de erodibilidade obtido em laboratório para o Argissolo Vermelho Amarelo (Tabela 3). As áreas compreendidas sobre o Nitossolo e com uso destinado ao reflorestamento ou com fragmentos da floresta nativa apresentaram perdas que variaram de 0 a 1 ton/ha.ano. Alguns locais situados em áreas onde a declividade variou de 0 a 3 % também apresentaram perdas de solo entre 0 a 1 ton/ha.ano.

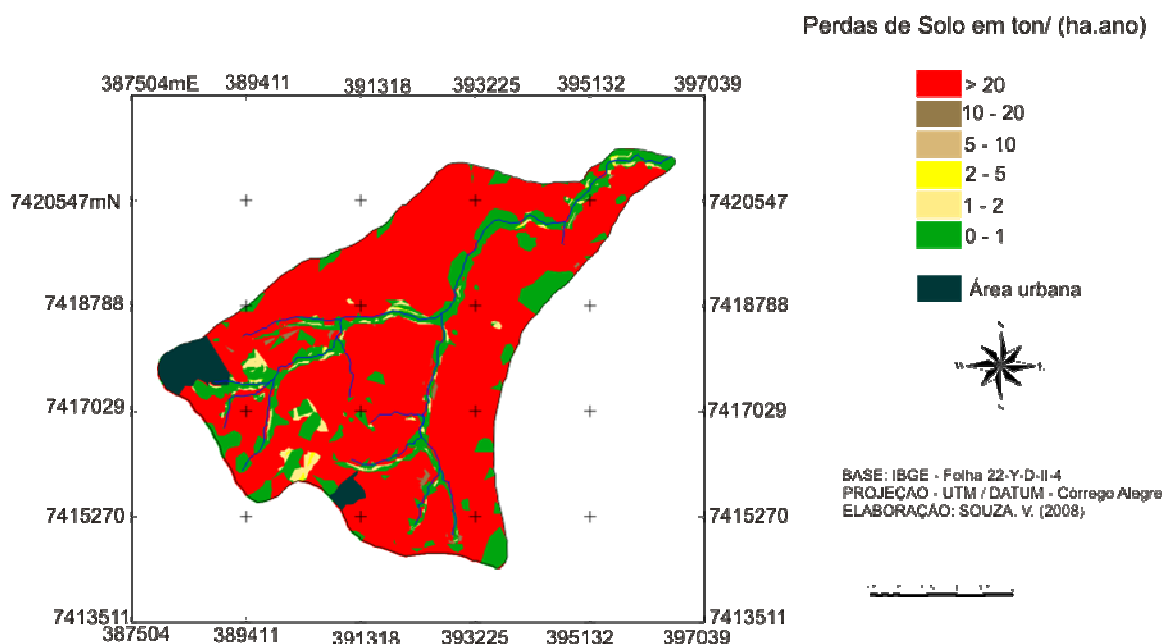


Figura 10 – Carta de estimativa anual de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório)

Tabela 8- Área ocupada por cada classe de estimativa anual de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório)

Perdas de Solo em ton/(ha.ano)	Área ocupada em km ²
0-1	4,956400
1-2	0,567900
2-5	0,049300
5-10	0,001600
10-20	0,141400
>20	22,435900
Total	28,152500

6.2.2 Estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o inverno e a primavera

A figura 11 exibe os valores de perda de solo obtidos para o período compreendido entre o inverno e a primavera de 2007 (julho a dezembro). A análise das imagens orbitais e os trabalhos de campo contribuíram para que considerássemos essa época do ano o solo com mínima cobertura vegetal. Assim, pode-se observar que, grande parte da bacia nesse período do ano apresentará perdas de solo acima de 20 ton/ha.ano.

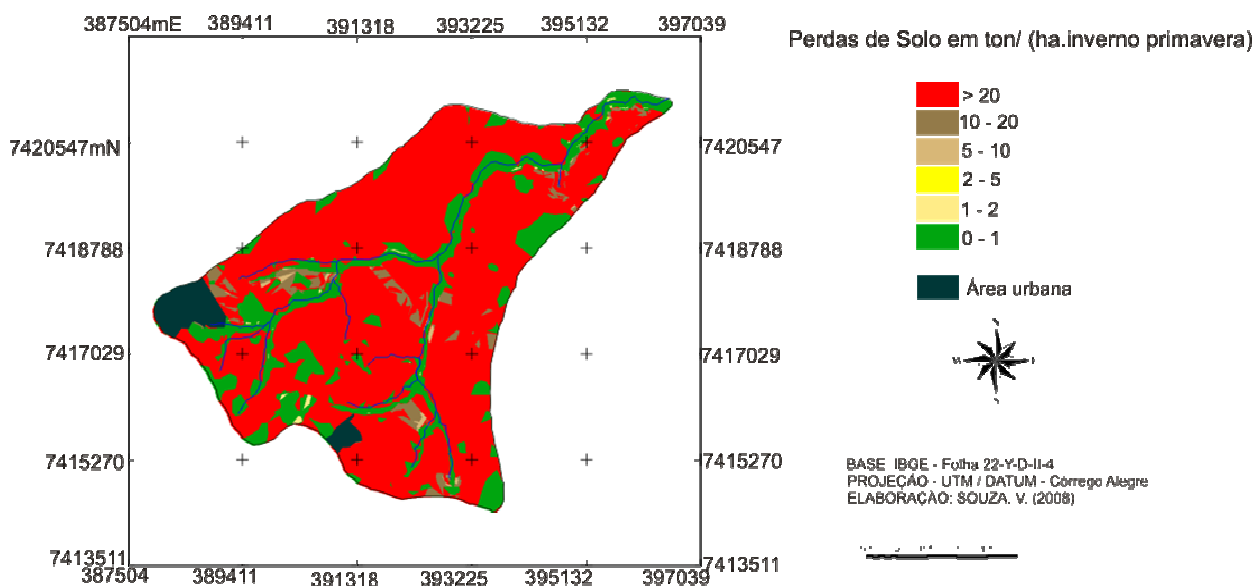


Figura 11– Carta de estimativa de perdas de solo sazonal na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório)

Os altos valores de perdas de solos obtidos no mapa anterior são atribuídos tanto para o elevado valor do fator K, obtido em laboratório para o Argissolo Vermelho Amarelo como para o alto índice atribuído ao fator C para essa época do ano (Tabela 5).

A área ocupada em km² por todas as classes de perdas de solo para o referido período sazonal pode ser visualizadas na Tabela 9.

Tabela 9- Área ocupada por cada classe de estimativa sazonal de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório)

Perdas de Solo em ton/(ha.inv-prim)	Área ocupada em km ²
0-1	5,508300
1-2	0,065100
2-5	0,001300
5-10	0,124100
10-20	1,054000
>20	21,399700
Total	28,152500

6.2.3 Estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono

O período classificado com máxima cobertura vegetal, ou seja, de janeiro a junho apresentou pouca diferença nos valores de perdas de solos quando comparado ao período de mínima cobertura (tabelas 9 e 10).

Tabela 10 - Área ocupada por cada classe de estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e outono na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório)

Perdas de Solo em ton/(ha.ver-out)	Área ocupada em km ²
0-1	5,539000
1-2	0,034500
2-5	0,002600
5-10	0,160300
10-20	1,304200
>20	21,111900
Total	28,152500

Pode-se observar na figura 12 que grande parte da bacia apresenta perdas de solo acima de 20 ton/ha.ano. Apesar do baixo índice atribuído ao fator C da EUPS para essa época do ano (Tabela 5), pouco foi a alteração encontrada nos valores estimados pela EUPS, em comparação com o mapa demonstrado anteriormente.

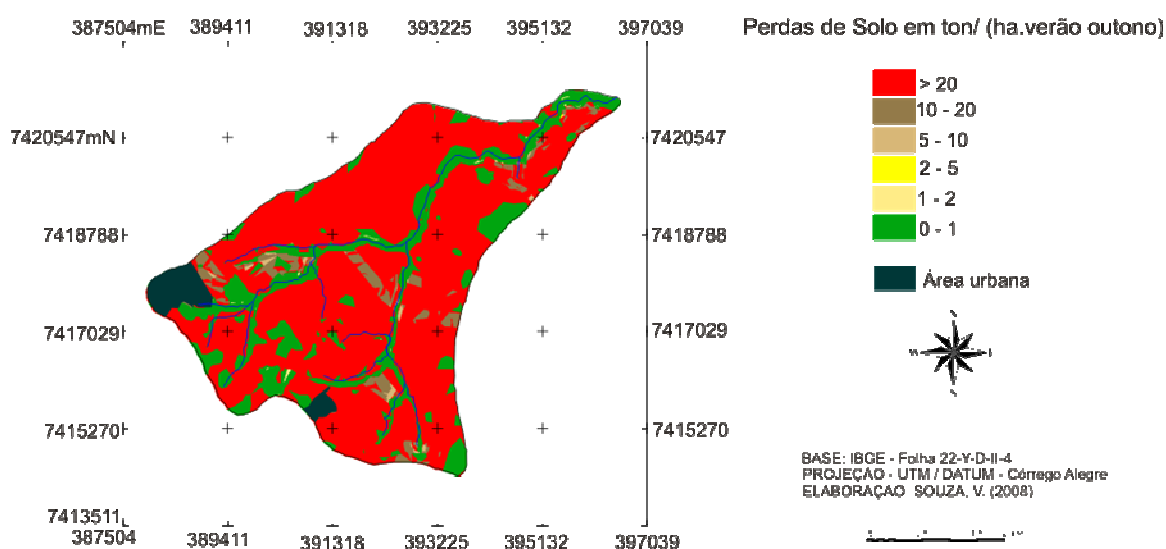


Figura12 – Carta de estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido em laboratório)

6.3 Aplicação da EUPS com valores do fator K (erodibilidade) obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999)

6.3.1 Estimativa de perdas de solo anual

Os locais classificados segundo a EUPS que utilizou dados do fator K obtidos na literatura podem ser visualizados na figura 13. Pode-se observar que, a maior parte da área apresenta perdas de solos superiores a 20 ton/ha.ano seguido por locais onde a perda varia de 0 a 1, 2 a 5 e 1 a 2 ton/ha.ano. A variação dos resultados obtidos nessa simulação está associada aos valores atribuídos aos fatores uso e manejo dos solos (C) e erodibilidade (K). Os locais destinados à pastagem apresentaram perdas que variaram de 2 a 5 ton/ha.ano, enquanto que as áreas recobertas por remanescentes da Floresta Estacional apresentam perdas que variam de 0 a 1 ton/ha.ano. Os locais destinados ao uso agrícola temporário e situados sobre o Argissolo Vermelho Amarelo apresentaram as maiores perdas de solos, ou seja, superiores a 20 ton/ha.ano. Observa-se também que algumas áreas situadas em baixa declividade sobre o Latossolo Vermelho de textura média, apresentaram perdas de solo que variaram de 0 a 1 ton/ha.ano.

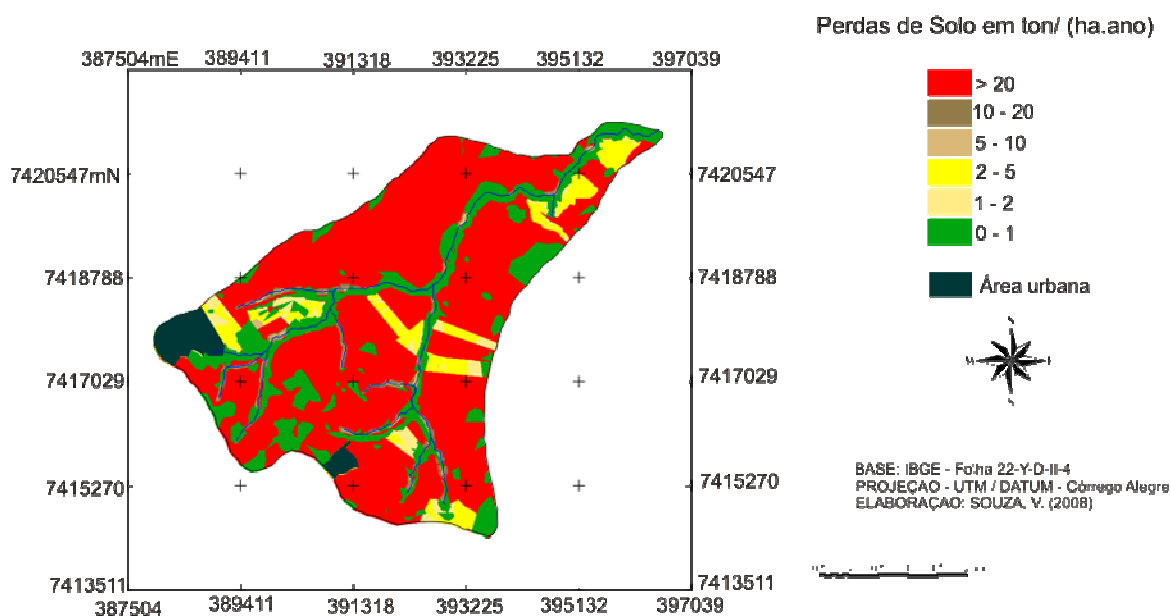


Figura 13 – Carta de estimativa anual de perda de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura)

Na figura 14 podem-se verificar as áreas classificadas com diferentes valores de perdas de solo estimada segundo a EUPS. Logo na seqüência verifica-se a área ocupada em Km² na bacia por cada classe temática (Tabela 11).



Figura 14– Prancha com os locais classificados segundo equação universal de perdas de solo: 14.1- Área destinada à agricultura temporária em Nitossolo Vermelho - Perda estimada 2 a 5 ton/ha.ano; 14.2 e 14.3 - Áreas de Preservação Permanente situadas sobre o Argissolo Vermelho Amarelo - Perda estimada 0 a 1 ton/ha.ano; 14.4 - Local destinado à agricultura temporária em Argissolo Vermelho Amarelo -Perda estimada >20 ton/ha.ano; 14.5 - Área destinada à agricultura temporária em Latossolo Vermelho - Perda estimada 0 a 1 ton/ha.ano

Tabela 11- Área ocupada por cada classe de estimativa anual de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura)

Perdas de Solo em ton/(ha.ano)	Área ocupada em km ²
0-1	5,838000
1-2	0,836100
2-5	2,254400
5-10	0,366000
10-20	0,449100
>20	18,408900
Total	28,152500

6.3.2 Estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o inverno e a primavera com valores do fator K obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999)

Os dados obtidos sobre as perdas de solos para o período compreendido entre o inverno e a primavera demonstram que a maior parte da bacia apresenta valores de perdas de solos superiores a 20 ton/ha.inv-prim (Fig. 15). Isso ocorre devido ao fato de

que para essa época do ano, os valores aferidos para o fator uso e manejo dos solos (C) são altos. O ambiente de simulação proporcionado pelo SIG considera esse período como tendo mínima cobertura vegetal. Na tabela 12 os valores de área em km² ocupado por cada classe temática pode ser visualizado.

Observam-se ainda áreas onde os valores de perdas estão entre 0 e 1 e 1 e 2 ton/(ha.inv-prim). Nesses locais, o solo é ocupado com pastagem ou com fragmentos da Floresta Estacional. Notam-se também valores baixos de perdas de solos no interflúvio da bacia, justificado principalmente pela baixa declividade nesses pontos.

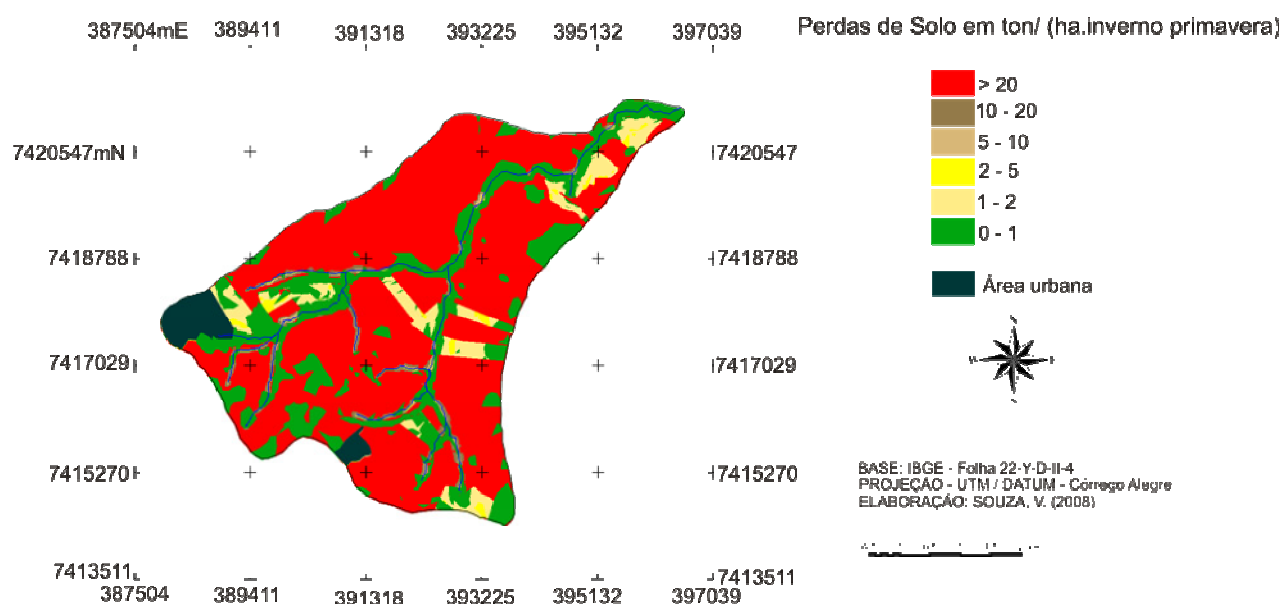


Figura 15– Carta de estimativa sazonal de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura)

Tabela 12- Área ocupada por cada classe de estimativa sazonal de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura)

Perdas de Solo em ton/(ha.inv-prim)	Área ocupada em km ²
0-1	6,588600
1-2	2,021700
2-5	0,496500
5-10	0,210900
10-20	0,485800
>20	18,349000
Total	28,152500

6.3.3 Estimativa de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono com valores do fator K obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999)

A simulação feita para estimar perda de solos para o período considerado com máxima cobertura vegetal demonstrou que a classe compreendida entre 10 e 20 ton/(ha.verão-outono) é a que possui maior representatividade no mapa (Fig. 16). Observa-se ainda locais onde as perdas de solo variam de 0 a 1, 1 a 2 e 2 a 5 ton/(ha.verão-outono). Nessa simulação, pode-se afirmar que dos fatores que compõem a EUPS, os condicionantes topográficos (fator LS) são os que apresentam maiores influencia nos resultados dos dados.

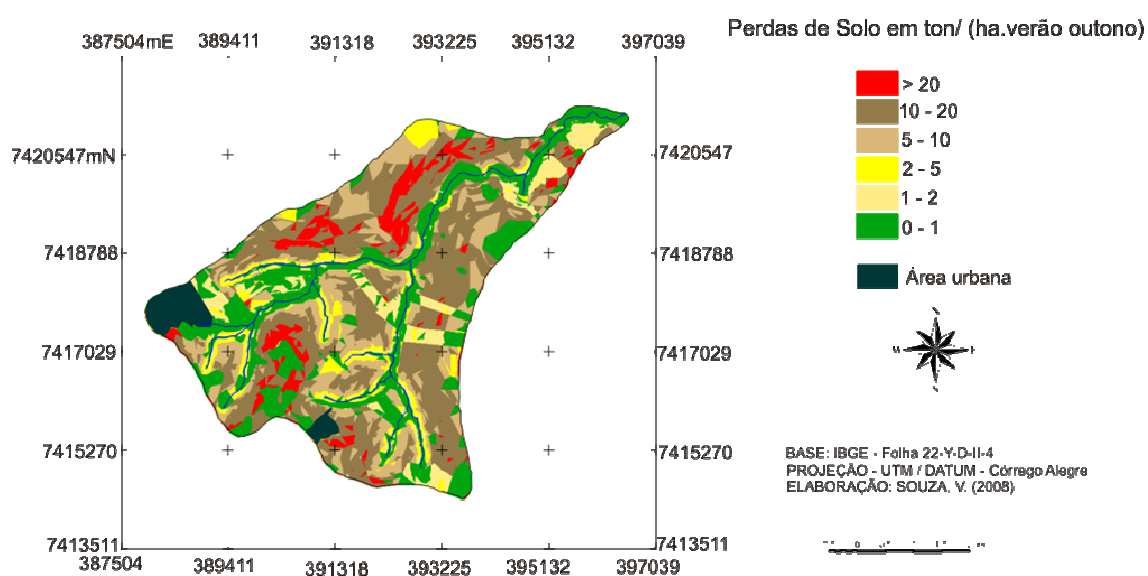


Figura 16– Carta de estimativa sazonal de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura)

Na Tabela 13 pode-se verificar o quanto cada classe temática de perdas de solo em ton/(ha.verão-outono) ocupou na bacia do ribeirão Centenário. De todas as simulações realizadas nesse trabalho, essa foi a que demonstrou maior variabilidade de dados. Diferentemente dos resultados obtidos nos outros casos, nessa situação, todas as classes ocupam no mínimo 1,5km². As áreas onde as perdas de solos variam de 2-5 ton/(ha.verão-outono) são as menores ocupadas na bacia nessa simulação.

Tabela 13 - Área ocupada por cada classe de estimativa sazonal de perdas de solo para o período compreendido entre o verão e o outono na bacia do ribeirão Centenário (fator K obtido na literatura)

Perdas de Solo em ton/(ha.ver-out)	Área ocupada em Km ²
0-1	7,033000
1-2	2,502200
2-5	1,786400
5-10	5,131900
10-20	9,820000
>20	1,879000
Total	28,152500

6.4 Comparação entre os resultados alcançados de perdas de solo anual

A análise comparativa dos resultados alcançados referentes às perdas de solos anuais podem ser visualizadas na Tabela 14.

Tabela 14- Resultados obtidos a partir da aplicação da EUPS e da área ocupada por cada classe de perdas de solo na bacia do ribeirão Centenário - (1) EUPS com dados do fator K obtidos em laboratório (2) EUPS com utilização de dados de erodibilidade da literatura

Perdas de Solo em ton/(ha.ano)	(1) Área km ²	(1) Área (%)	(2) Área km ²	(2) Área (%)
0-1	4,956400	17,61	5,838000	20,73
1-2	0,567900	2,02	0,836100	2,98
2-5	0,049300	0,175	2,254400	8
5-10	0,001600	0,005	0,366000	1,32
10-20	0,141400	0,50	0,449100	1,59
>20	22,435900	79,69	18,408900	65,38
Total	28,152500	100	28,152500	100

Em ambas as simulações, os valores acima de 20 ton/(ha.ano) ocupam maior área da bacia seguido pela classe que compreende a estimativa de 0 a 1 ton/(ha.ano). Os valores de perdas compreendidas entre o intervalo de 2 a 5 e 5 a 10 ton/(ha.ano) foram os que apresentaram maior diferença de valor quando comparados.

Os resultados alcançados através da aplicação da EUPS com dados do fator K obtidos em laboratório demonstram considerável discrepância quando comparado aos

valores obtidos pelo cálculo da EUPS com dados de erodibilidade encontrados na literatura. Portanto, recomenda-se a realização de estudos com maior detalhamento para a bacia do ribeirão Centenário e se possível com a instalação de equipamentos que monitorem valores de perdas de solo coletados em campo. Com isso, será possível chegar a uma aproximação da realidade e verificar qual dos dados do fator K utilizados para o cálculo da EUPS se ajusta melhor a realidade existente no campo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a obtenção dos dados históricos de precipitação pluviométrica junto à Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), foi possível elaborar o cálculo do fator R (erosividade) da EUPS para o ano de 2007. Os valores obtidos foram considerados para toda área da bacia.

A partir da utilização de equipamento específico, foi possível realizar a coleta de amostras indeformadas dos tipos de solos existentes na bacia e submetê-las aos ensaios laboratoriais de absorção de água e perda de massa por imersão. Assim, foi possível estabelecer o índice de erodibilidade (K) para os materiais analisados. Além disso, buscou-se determinar os valores existentes do fator K na literatura para cada classe de solo da bacia. Com isso, pode-se elaborar o cálculo da EUPS utilizando valores do fator K de diferentes fontes de dados e comparar os resultados obtidos.

A partir do uso de técnicas de Geoprocessamento foi possível calcular e integrar os atributos topográficos, comprimento das vertentes (L) e declividade do terreno (S), da área de estudo.

Com a realização de trabalhos de campo e da utilização de dados de sensoriamento remoto foi possível identificar as formas de uso e ocupação do solo na área de estudo, bem como as principais práticas conservacionistas adotadas para as áreas destinadas para a agricultura. Com isso, foi possível aferir espacialmente os valores dos fatores C e P da EUPS junto ao banco de dados georreferenciado.

A sistematização da EUPS no SIG possibilitou além de quantificar as perdas de solo por erosão laminar, definir espacialmente os valores obtidos. A partir do uso da ferramenta LEGAL contida no SIG SPRING 4.3.3 foi possível integrar as variáveis que compõem a EUPS e simular estimativas de perdas de solo por erosão laminar para diferentes épocas do ano de 2007 na área de estudo.

Assim, esse trabalho traz uma contribuição para determinar perdas de solo por erosão laminar a partir da EUPS sistematizada em SIG SPRING para o norte central do Estado do Paraná.

8. BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO JR, G. J. L. D. *Aplicação dos modelos EUPS e MEUPS na bacia do ribeirão Bonito (SP) através de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento*. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos: INPE, 1997

ASSAD, D. C. ; SANO, E. E. *Sistema de Informações Geográficas – Aplicações em Agricultura*. Embrapa. 2ª edição revista e ampliada Brasília, 1998.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo, 1999. Editora Ícone 4ª Edição.

BISSIONAIS, Y.L.; MONTIER, C.; JAMAGNE, M.; DAROUSSIN, J.; KING, D.; *Mapping erosion risk for cultivated soil in France*. Catena, (46) 207-220, 2001.

BRYAN, R. B. (2000). *Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope*. Geomorfology, 32 (3): 385-415.

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. *SPRING: Interating remote sensing and GIS by object-oriented data molding*. J. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CARSON, M.A.; KIRKBY, M.J. *Hillslope form and process*. Oxford, Candbridge University Press - 1975, p.475.

CZUIY, D. C. (2003). *O uso do solo e a degradação de suas propriedades morfológicas: o caso da fazenda experimental de Iguatemi (UEM)*. Distrito de Iguatemi Maringá – Paraná. Monografia de Bacharelado. Universidade Estadual de Maringá.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

FERNANDES, L.A. *A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e pontal do Paranapanema (SP): os grupo Bauru e Caiuá*. Instituto de Geociências, São Paulo-SP 1997. Dissertação de Mestrado, 129p

GREENLAND, D.J.; LAL, R. *Soil conservation and management in the umid tropics*. John Wiley & Sons Ltda. London, 1977.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Série Manuais Técnicos em Geociências, nº 1. Rio de Janeiro, 1992.

IPT (Instituto Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). *Estradas Vicinais de Terra – Manual Técnico para conservação e recuperação*. São Paulo, 1985.

KÖEPPEN, W. *Climatologia*. Fondo de Cultura Economica. Mexico, 1978 p.478.

MAFRA, N.M.C. *Erosão e Planificação do uso do solo*. In: GERRA, A.J.T.; SILVA, A.S; BOTELHO, R.G.M.(org) *Erosão e Conservação dos solos – Conceitos, Temas e Aplicações*. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro - 1999 - 301-320.

MAACK, R. *Geografia Física do Estado do Paraná*. 2ed. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.

MINEROPAR. *Mapas Geológicos do estado do Paraná*. Escala 1: 650.000, 1989.

MORAIS, E. S. *Aplicação de modelos para estimativa de produção de sedimentos na bacia do ribeirão Maringá – PR*. Monografia de Bacharelado. Universidade Estadual de Maringá, 2007.

MORGAN, R.P.C. *Soil erosion and Conservation*. Longman Group Limited, 2ª edição, 1995.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T (2003). *Os solos do Terceiro Planalto Paranaense*. Anais do ENGEOPAR – I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, Maringá – PR.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. (1979). *Soil characterization of mapping units for highway y purposes in a tropical area*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, (19):196-199.

PEJON, O. J. *Mapeamento geotécnico regional da folha de Piracicaba-SP escala 1:10.000: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos*. Tese de Doutorado, 224p. EESC/USP, São Carlos, 1992.
ção de Mestrado, 129p.

PINESI, J.P.P; NARDI, A.J.R. *Contexto geológico da Formação Serra Geral no terceiro planalto paranaense*. Anais do ENGEOPAR – Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense. Maringá, 2003.

PRADO, J.P.B. *Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo com auxílio de técnicas de Geoprocessamento para a bacia hidrográfica do córrego Ipiranga no município de Cidade Gaúcha*. Monografia de Bacharelado, Universidade Estadual de Maringá, 2005.

QUEIROZ D. R. E. *Atlas Geoambiental de Maringá – da análise à síntese: A cartografia como subsídio ao planejamento de uso e ocupação do espaço*. Maringá, 2003. Ed. Clinchinet.

RIBEIRO, L.S.; ALVES.M.G. *Quantificação da perda de solo por erosão no município de Campos do Goytacazes/RJ através de técnicas de Geoprocessamento*. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, 2007. (3039-3046).

RODRIGUES, J. E. *Estudo geotécnico de fenômenos erosivos acelerados*. São Carlos. Tese de Doutorado. EESC – USP. 162p. 1984.

SALOMÃO, F.X.T. *Controle e Prevenção de processos erosivos*. In: GERRA, A.J.T.; SILVA, A.S; BOTELHO, R.G.M.(org) *Erosão e Conservação dos solos – Conceitos, Temas e Aplicações*. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 229-267 (1999).

SANTOS, L.J.C.; CHISATO, O.F.; CANALIE,.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F.; ROSS, J.L.S. *Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná*. Revista Brasileira de Geomorfologia, 7 (2), 3-12 (2006).

TOMAZONI, J.C.; GUIMARÃES, E. *A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau*. Revista Brasileira de Cartografia (57) 235-244, 2005.

ZACHAR, D. *Soil erosion*. Elsevier Scientific Publication Co. Bratislava, 1982.

WACHOWICZ, R. *História do Paraná*. 9ª edição. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná, 2001. 360p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Raintall energy and its relationship to soil loss*. Transaction American Geophysical Union, v.39, pp 285-291, 1958.

9. ANEXOS

9.1 Sistematização dos dados através da ferramenta LEGAL do SIG SPRING 4.3.3.

Fator R da EUPS (anual)

```
{
Tematico intsoil("s2");
Tabela intabe(Ponderacao);
Numerico inter("R");

intsoil=Recupere(Nome="dfi_r");
inter=Novo(Nome="far",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=5787);
intabe=Novo(CategoriaIni="s2",
"NV":5787,
"PVA":5787,
"LV":5787);

inter = Pondere(intsoil,intabe);
}
```

Fator C da EUPS (anual)

```
{
Tematico intuso("Uso_solo");
Tabela intabe(Ponderacao);
Numerico intec("C");

intuso=Recupere(Nome="mapis");
intec=Novo(Nome="fac",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=1);
intabe=Novo(CategoriaIni="Uso_solo",
"Mata":0.0004,
"Culturas":0.55,
"Urbano":0.005,
"Pastagem":0.01);

intec = Pondere(intuso,intabe);
}
```

Fator C da EUPS (inverno-primavera)

```
{
Tematico intuso("Uso_solo");
Tabela intabe(Ponderacao);
Numerico intecinpr("C_inpr");

intuso=Recupere(Nome="mapis");
intecinpr=Novo(Nome="C_in_pr",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=1);
intabe=Novo(CategoriaIni="Uso_solo",
"Mata":0.0004,
"Culturas":1.0,
"Urbano":0.005,
```

```
"Pastagem":0.01);
```

```
intecinpr = Pondere(intuso,intabe);
}
```

Fator C da EUPS (verão -outono)

```
{
Tematico intuso("Uso_solo");
Tabela intabe(Ponderacao);
Numerico intec("C");
```

```
intuso=Recupere(Nome="mapis");
intec=Novo(Nome="fac",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=1);
intabe=Novo(CategoriaIni="Uso_solo",
"Mata":0.0004,
"Culturas":0.55,
"Urbano":0.005,
"Pastagem":0.01);
```

```
intec = Pondere(intuso,intabe);
}
```

Fator K da EUPS (obtidos na literatura)

```
{
Tematico intsoil("s2");
Tabela intabe(Ponderacao);
Numerico inter2("k2");
```

```
intsoil=Recupere(Nome="dfi_r");
inter2=Novo(Nome="fak2",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=10);
intabe=Novo(CategoriaIni="s2",
"NV":0.0145,
"PVA":0.0235,
"LV":0.0145);
```

```
inter2 = Pondere(intsoil,intabe);
}
```

Fator K da EUPS (obtidos em laboratório)

```
{
Tematico intsoil("s2");
Tabela intabe(Ponderacao);
Numerico inter("k");
```

```
intsoil=Recupere(Nome="dfi_r");
inter=Novo(Nome="fak",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=10);
intabe=Novo(CategoriaIni="s2",
"NV":1.83,
"PVA":0.4,
"LV":0.5);
```

```
inter = Pondere(intsoil,intabe);
}
```

Integração dos fatores LS

```
{
Numerico intdec("dec");
Numerico intcomp("MNT");
Numerico intls("ls2");
intdec=Recupere (Nome="grade_rec");
intcomp=Recupere (Nome="di_gr_rec");

intls=Novo(Nome="ls2_2",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0,
Max=13142.81534);

intls=0.00984*intdec^1.18*intcomp^0.63;
}
```

Fator P da EUPS

```
{
Tematico intuso("Uso_solo");
Tabela intabe(Ponderacao);
Numerico intep("P");

intuso=Recupere(Nome="mapis");
intep=Novo(Nome="fap",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=1);
intabe=Novo(CategoriaIni="Uso_solo",
"Mata":0.2,
"Culturas":0.5,
"Urbano":1,
"Pastagem":0.5);

intep = Pondere(intuso,intabe);
}
```

EUPS (anual, com valores do fator k obtidos em laboratório)

```
{
Numerico R("R");
Numerico K("k");
Numerico LS("ls2");
Numerico C("C");
Numerico P("P");
Numerico A("Anual");
R=Recupere (Nome="far");
K=Recupere (Nome="fak");
LS=Recupere (Nome="ls2_2");
C=Recupere (Nome="fac");
P=Recupere (Nome="fap");
```

```
A=Novo(Nome="anual_eups",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0,
Max=1000000);
```

```
A=R*K*LS*C*P;
}
```

EUPS (inverno-primavera, com valores do fator k obtidos em laboratório)

```
{
Numerico K("k");
Numerico LS("ls2");
Numerico C("Inver_Prim");
Numerico P("P");
Numerico A("Sazonal_inpr");
K=Recupere (Nome="fak");
LS=Recupere (Nome="ls2_2");
C=Recupere (Nome="in_pr");
P=Recupere (Nome="fap");
```

```
A=Novo(Nome="sainpr",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=1000000);
```

```
A=(3001.63)*K*LS*C*P;
}
```

EUPS (verão-outono, com valores do fator k obtidos em laboratório)

```
{
Numerico K("k");
Numerico LS("ls2");
Numerico C("C_veou");
Numerico P("P");
Numerico A("Veou");
K=Recupere (Nome="fak");
LS=Recupere (Nome="ls2_2");
C=Recupere (Nome="c_veou");
P=Recupere (Nome="fap");
```

```
A=Novo(Nome="ve_ou",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=1000000);
```

```
A=(2788.39)*K*LS*C*P;
}
```

EUPS (anual, com valores do fator k obtidos na literatura)

```
{
Numerico R("R");
Numerico K("k2");
Numerico LS("ls2");
Numerico C("C");
Numerico P("P");
Numerico A("Anualk2");
R=Recupere (Nome="far");
K=Recupere (Nome="fak2");
```

```

LS=Recupere (Nome="ls2_2");
C=Recupere (Nome="fac");
P=Recupere (Nome="fap");

```

```

A=Novo(Nome="a_k2",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=1000000);

```

```

A=R*K*LS*C*P;
}

```

EUPS (inverno-primavera, com valores do fator k obtidos na literatura)

```

{
Numerico K("k2");
Numerico LS("ls2");
Numerico C("Inver_Prim");
Numerico P("P");
Numerico A("Sazonal_inpr_k2");
K=Recupere (Nome="fak2");
LS=Recupere (Nome="ls2_2");
C=Recupere (Nome="in_pr");
P=Recupere (Nome="fap");

```

```

A=Novo(Nome="sainprk2",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0,
Max=1000000);

```

```

A=(3001.63)*K*LS*C*P;
}

```

EUPS (verão-outono, com valores do fator k obtidos na literatura)

```

{
Numerico K("k2");
Numerico LS("ls2");
Numerico C("C_veou");
Numerico P("P");
Numerico A("Veouk2");
K=Recupere (Nome="fak2");
LS=Recupere (Nome="ls2_2");
C=Recupere (Nome="c_veou");
P=Recupere (Nome="fap");

```

```

A=Novo(Nome="vok2",ResX=10,ResY=10, Escala=50000, Min=0, Max=1000000);

```

```

A=(2788.39)*K*LS*C*P;
}

```