

O POTENCIAL DE EROÇÃO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA: UTILIZAÇÃO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS (EUPS) COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL

THE EROSION POTENTIAL OF A HYDROGRAPHIC BASIN: USE OF THE UNIVERSAL EQUATION OF SOIL LOSS (UESL) AS A TOOL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Nilza Aparecida Freres Stipp

Geógrafa. Doutora em Solos e Nutrição de Plantas (ESALQ/USP). Professora Titular da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Francisco de Assis Mendonça

Licenciado em Geografia. Doutor em Geografia Física (USP). Professor Titular da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Ricardo Aparecido Campos

Geógrafo. Mestre em Geografia e Meio Ambiente (UEL). Professor da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP).

RESUMO: Em face da degradação ambiental de algumas áreas no norte do Paraná, ocorre a perda da produtividade agrícola. O planejamento do uso do solo, em uma bacia hidrográfica, deve servir como um preventivo instrumento à perda de solos. Este trabalho vem contribuir para a gestão e recuperação ambiental da bacia hidrográfica do rio Taquara, por meio da análise da susceptibilidade à erosão, utilizando-se das técnicas de geoprocessamento na aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS).

Palavras-chave: Equação Universal de Perda de Solos, EUPS, fragilidade de solos, erosão, degradação ambiental.

ABSTRACT: *Before the environmental degradation in some areas in the North of Parana state there is some kind of loss in the agricultural production. The planning of the use of soil in a hydrographic basin must be useful as a preventing tool of losing soils. This text comes to give a contribution for management and environmental recuperation of the hydrographic basin of Taquara river through the analysis of erosion susceptibility, using geoprocessing techniques in the application of the Universal Soil loss equation (USLE).*

Keywords: *Universal Equation of Soil Loss, Hydrographic basin, morphometric analysis, hypsometric, declivity.*

INTRODUÇÃO

A região abrangida pela bacia hidrográfica do rio Taquara se localiza no norte do Paraná, entre as bacias do ribeirão dos Apertados, ao norte, e a bacia do ribeirão Barra Funda e do rio Apucarantina, nos municípios de Londrina, Araçongas, Apucarana, Califórnia e Marilândia do Sul.

O clima dessa área, segundo Mendonça (2000) e Maack (2002), caracteriza-se pelas influências provocadas pelos sistemas atmosféricos intertropicais com a classificação climática Cfa(h), e periodicamente Cwa, de acordo com a classificação de Koppen. Representa essa classificação um clima subtropical úmido (com verão quente), com temperatura média anual entre 18 a 22°C, sendo úmido com chuvas distribuídas em quase todos os meses. Com o desmatamento do norte do estado, dando lugar à cultura cafeeira, a

zona de clima Cwa (de estepe arbustiva) gradativamente se estendeu, num espaço de mais de 10 anos, para o sul do rio Paranapanema, provocando grandes extremos neste interregno de tempo. As médias pluviométricas anuais ocorrem próximas de 1600 mm. Em 2009, entretanto a pluviosidade anual atingiu o índice de 2.333,5 mm (dados obtidos junto ao IAPAR, em 2010), ultrapassando o último maior índice que havia se dado nessa região; ou seja, de 2.229 mm em 1972.

Predominam, na área dessa bacia hidrográfica, três classes diferentes de solos: Neossolos Litólicos, Nitossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos.

A cobertura pedológica tem fundamental importância no estudo da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, pois solos oriundos de um mesmo tipo de rocha podem apresentar variadas características, devido aos processos erosivos. No entanto, o mesmo tipo de solo originado de rochas distintas sob processos semelhantes, pode mostrar características mineralógicas e texturais tão diferenciadas que são capazes de interferir na sua fragilidade (susceptibilidade).

Por ocasião de chuvas torrenciais surgem graves problemas, e a degradação dos solos é agravada pelas atividades agropastoris quando realizadas em solos mais frágeis, facilmente erodíveis e de baixa aptidão agrícola. Manejo inadequado dos solos, em áreas agrícolas mecanizadas com maquinário pesado, mostrou solos degradados na região, bem como nas pastagens o pisoteio do gado também contribuiu como agravante para a sustentabilidade.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais da área pesquisada exigiu estudos básicos do relevo, do solo, da vegetação, do uso da terra e do clima. Esses estudos demandaram levantamentos de campo e trabalho de gabinete, a partir dos quais foram gerados produtos cartográficos temáticos acompanhados de relatórios técnicos.

Utilizou-se, inicialmente, uma carta topográfica básica da área da bacia, construída por meio das cartas do IBGE (Londrina, Arapongas e Apucarana), onde se procurou identificar as áreas de drenagem, envolvendo toda a rede de afluentes do rio Taquara.

Foi digitalizado, a partir das cartas topográficas, um quadrante que permitiu a delimitação da bacia hidrográfica num recorte espacial que orientou todos os mapeamentos elaborados no trabalho.

O *software SPRING* também foi utilizado para digitalização da delimitação da bacia hidrográfica, com base no mosaico de cartas topográficas. Para a elaboração do mapa de uso do solo usou-se uma imagem *SPOT* tomada em 2005 (**figura 1**), em composição tipo “falsa cor”, com resolução geométrica original de 10 metros. Processou-se, também, essa imagem no Sistema *SPRING*, cujos passos foram: recorte da cena e registro nas coordenadas corretas.

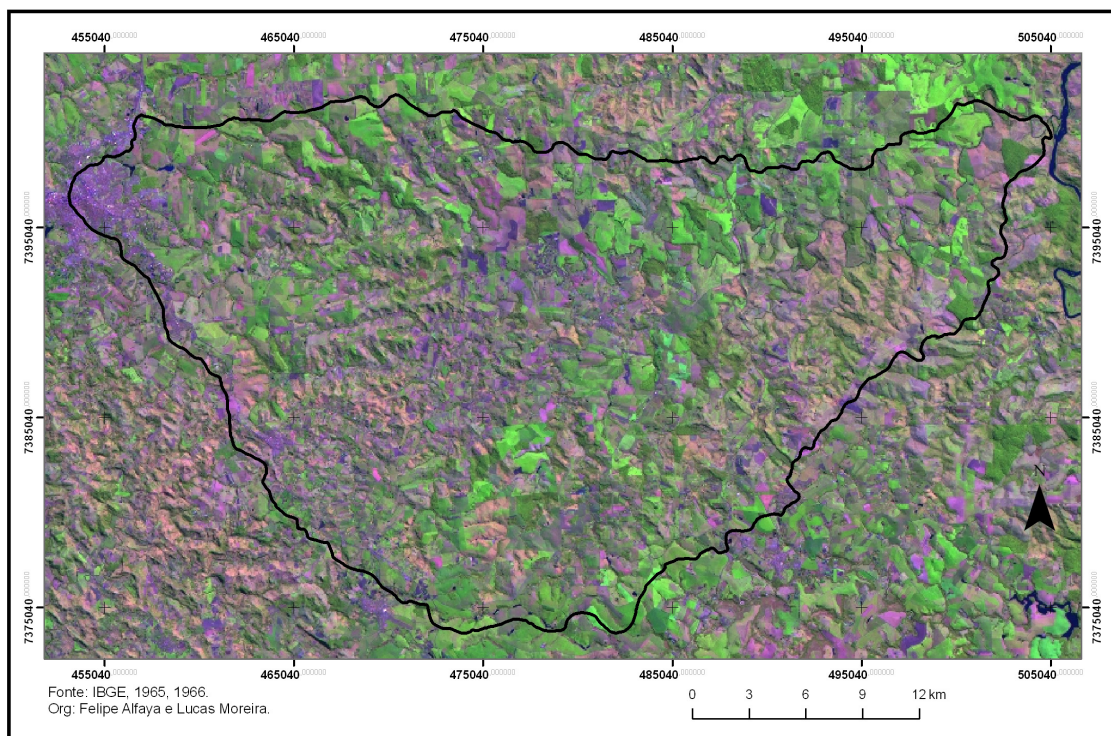


Figura 1 - Bacia hidrográfica do rio Taquara delimitada sobre a Imagem do Satélite *SPOT*.

A definição das classes de uso do solo foi elaborada por interpretação visual da imagem e, posteriormente, convalidadas em trabalhos de campo.

Foi utilizado o *software ArcInfo/ArcGis* como SIG, seguindo-se os procedimentos de rotina para entrada de dados. Por meio dele pôde-se elaborar o restante dos mapas temáticos da referida bacia.

Outras coletas de dados e informações foram obtidas durante os trabalhos de campo que, também, auxiliaram na confecção dos mapeamentos.

Nessa perspectiva, para uma melhor compreensão da pesquisa, lançou-se mão de várias metodologias particulares às ciências humanas, sociais, geomorfológicas, pedológicas e da própria Geografia Física para complementar a análise do estado ambiental da bacia do rio Taquara.

A evolução da tecnologia da predição de erosão iniciou-se com as análises de Cook, em 1936 (*apud* WISCHMEIER & SMITH, 1965), que listou quatro parâmetros principais na perda de solo pela erosão da água: **susceptibilidade do solo à erosão; potencial erosivo da precipitação; escoamento superficial; e proteção do solo pela cobertura vegetal.**

De acordo com Foster (1982, *apud* RENARD *et al.*, 1997) o processo de erosão e sedimentação pela água envolve os processos de desagregação, transporte e deposição das partículas no solo.

Esses processos erosivos podem expor a superfície do solo paulatinamente, com a chuva erodindo uma grande quantidade de sedimentos, tornando-se mais impactante quando o fluxo d'água se concentra, dando origem a um sistema de fendas e sulcos, que dependendo da força de *Runoff* poderá provocar até deslizamentos de terra.

Foram realizados levantamentos do meio físico e uso dos solos referentes aos parâmetros do modelo EUPS (WISCHMEIER & SMITH, 1978), modificada por Bertoni & Lombardi Neto (1999). Por meio dessa equação, pode-se avaliar a perda média anual de solo expressa em ton/ha:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot CP$$

A seguir são explicados os diferentes fatores separadamente:

R = Fator de erosividade da chuva: Além da quantidade precipitada, neste fator, é considerada também a energia cinética das gotas de chuva que se embatem com o solo. Esta energia cinética, por sua vez, é influenciada principalmente pelo tamanho das gotas e pela intensidade da chuva (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

Foi utilizada a equação de estimativa do Fator R ($Y = a + bx$), apresentada por Rufino *et al.* (1993), através de seu trabalho de estimativa do índice de erosividade das chuvas para o estado do Paraná, onde dividiram o estado em 8 regiões isoerosivas, determinando coeficientes de erosão linear e angular. A área de estudo encontra-se na Região Isoerosiva 4 ($Y = 16,73 + 4,02$) (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

Considerando estes dados, a equação usada para determinar o Fator **R** da área de estudo resultou:

$$R = 16,73 + 4,02(p^2/P)^{9,80665}$$

onde:

R = Fator de erosividade das chuvas em MJ mm/ha/ano

p² = Média mensal de pluviosidade ao quadrado;

P = Média anual de pluviosidade.

9.80665 = Conversão Kgf.m → MJ

K = Fator de erodibilidade do solo: Neste fator estão refletidas as propriedades específicas do solo. Quanto mais facilmente divisíveis os agregados do solo, separáveis as partículas e menor a permeabilidade, tanto maior o fator de erodibilidade. Solos ricos em silte, assim como solos arenosos (pobres em matéria orgânica e compactados) são especialmente susceptíveis à erosão (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

Para a determinação do Fator K foi utilizado os valores obtidos por Tomazoni *et al.* (2005) para alguns solos do Paraná, conforme o **quadro 1**. Através destes valores e com os subsídios da Carta de Solos (**figura 2**), foi elaborado o Mapa de Fator K da área de estudo (**figura 4**).

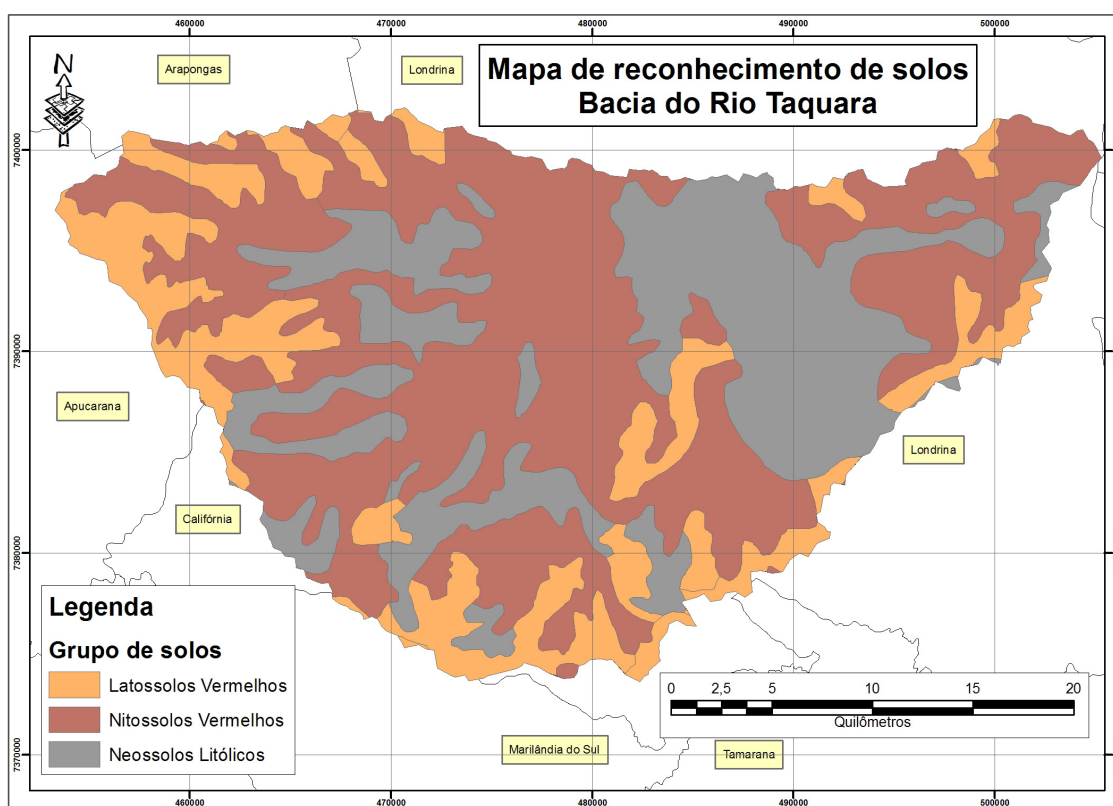


Figura 2 - Mapa de classes de solos da bacia hidrográfica do rio Taquara.

Classificação	Solos	Fator K
NVef	Nitossolos Vermelhos eutróféricos	0,03
LVef	Latosolos Vermelhos eutróféricos	0,045
RLe	Neossolos Litólicos Eutróficos	0,11

Quadro 1 - Determinação do Fator K para os solos da área de estudo. Fonte: Tomazoni *et al.*, 2005

LS = Fator Topográfico: A inclinação e comprimento da encosta determinam o fator de declividade. Quanto mais íngreme e mais longa a encosta, tanto maior a quantidade e a velocidade da água que escorre. O potencial de transporte cresce desproporcionalmente com a velocidade do escoamento (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

Para se calcular este parâmetro utilizou-se o método proposto por Renard *et al.* (1997, p. 103-107), onde as equações foram cruzadas às informações do Mapa Clinográfico (figura 3) por meio do software *ArcInfo/ArcGis*.

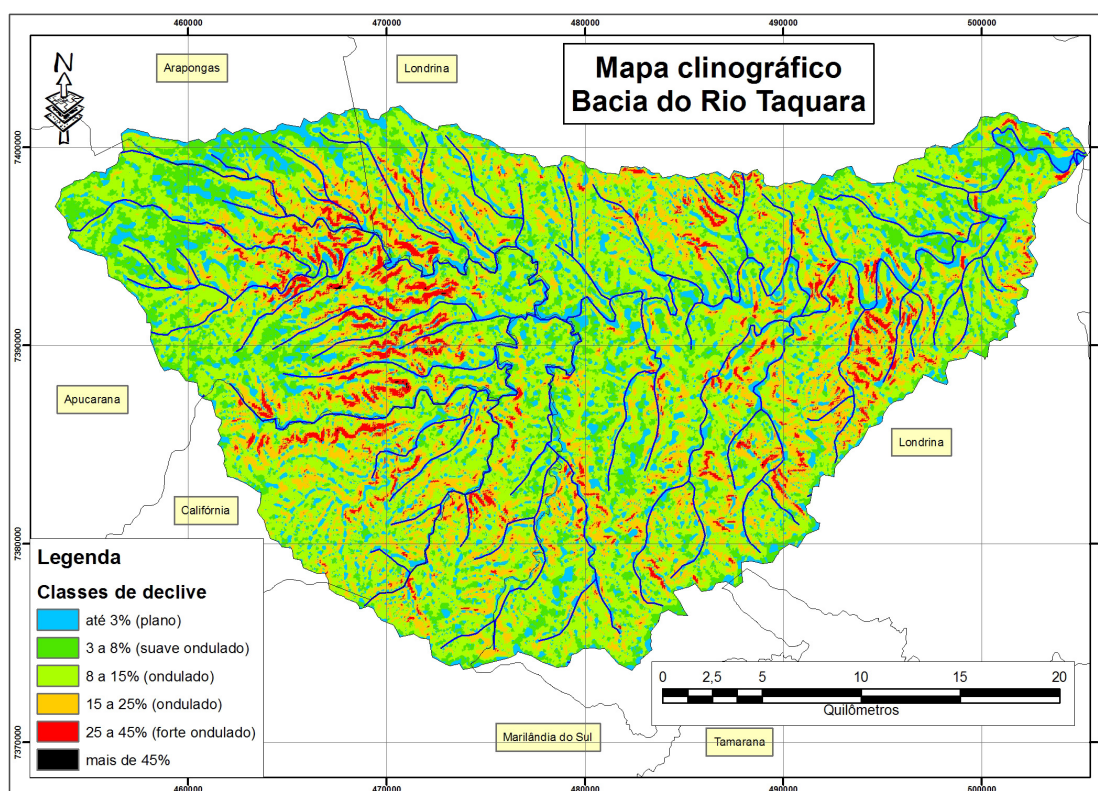


Figura 3 - Mapa de Declividade da bacia hidrográfica do rio Taquara.

C = Fator de preparo e cobertura do solo: Quanto menor a proteção da superfície do solo, por cobertura vegetal contra a chuva, tanto maior o fator C. A vegetação

sobre a superfície amortece a energia de impacto das gotas de chuva e evita a destruição dos agregados, o entupimento dos poros e o selamento superficial do solo. Este fator leva em conta também o grau de preparo do solo. Uso intensivo e forte destruição dos agregados do solo conduzem a uma elevação de **C** e, portanto, ao aumento de **A** (perda de solo) (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

A partir de algumas literaturas consultadas foram definidos os valores de **C**, conforme **quadro 2**, e para a simulação de uso da terra complementou-se com o **quadro 3**.

COBERTURA	FATOR C
Nuvens	0
Florestas	0,00004
Pastagens	0,01
Lavoura (cultura temporária)	0,2
Área Urbana	1

Quadro 2 - Valores do Fator C estabelecidos para a área. Fonte: Vitte, 1997.

COBERTURA	FATOR C
Café ¹	0,135
Cana-de-açúcar ²	0,05
Mandioca ³	0,55

Quadro 3 - Complemento dos valores de Fator C para as simulações de uso na área de estudo. Fonte: ¹ Vázquez-Fernández (1996); ² Vitte (1997); ³ Prado & Nóbrega (2005).

P = Fator de práticas conservacionistas: Este fator se refere às práticas de controle de erosão, tais como o terraceamento, o preparo do solo em curvas de nível, o cultivo em faixas e o sistema de plantio direto.

Neste caso utilizou-se o valor de **P** constante, considerando que nessa área, como se pode observar em campo, existem terraços e o plantio direto é usado em praticamente toda sua extensão.

Apenas no caso da simulação de “Cordão Vegetado” foi utilizado um valor maior de proteção para o solo, pois se entende que este será feito sobre os terraços, aumentando sua eficácia em conter o escoamento superficial, diminuindo, por conseguinte, o fator de erosão (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

Essa metodologia foi aplicada com a finalidade de avaliar o potencial natural erosivo da bacia hidrográfica do rio Taquara; assim, para as estimativas e mapeamentos foram necessários cruzamentos de acordo com as regras dessa equação, dos fatores naturais da EUPS. Foram utilizados também o Sistema de Informação Geográfica *Idrisi Kilimanjaro*, o *software* de modelagem numérica de terreno e Geostatística *Surfer 8*, o *software USLE2D 4.1* e o *Microsoft Excel*.

Todos esses processos metodológicos foram utilizados exclusivamente voltados para a apresentação de propostas de recuperação ambiental da bacia hidrográfica, com o objetivo de auxiliar o processo de intervenção e gestão ambiental. Assim, este trabalho deu oportunidade para o desenvolvimento dos seguintes mecanismos de ação e atividades descritos a seguir de forma sintética:

- Uso e análise de dados geográficos, geomorfológicos, pedológicos, biológicos existentes;
- Trabalhos de campo, percepção e medições com GPS;
- Uso de informações geográficas, mapas e imagens de satélite acoplados ao trabalho de campo para convalidação das observações e dados;
- Observação dos principais impactos ambientais, fragmentos florestais e pontos de degradação ambiental;
- Avaliação preliminar da biodiversidade, localização geográfica dos componentes da rede de drenagem da bacia em estudo e influência da urbanização;
- Cartografia geoecológica, confecção e interpretação de mapas, identificação das principais unidades para um zoneamento ambiental e identificação de áreas preservadas;
- Avaliação do estado ambiental da bacia e sua relação com o uso do solo; classes de fragilidade referentes à erosão potencial;

Através do cruzamento de dados, tais como, informações físico-ambientais e sócio-econômicas construção de alguns mapas de simulação de erosão (EUPS) com alguns tipos de culturas e formas de manejo.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Resultados Quantitativos e Qualitativos

Os resultados obtidos através da aplicação do modelo EUPS conjugado ao *software* de geoprocessamento *ArcInfo/ArcGis*, permitiram algumas reflexões. Os mapas elaborados através desse paradigma são representações estáticas da paisagem, que revelam fragmentos da realidade. Para se chegar a esses resultados se fez necessário

minucioso trabalho de campo, que possibilitou ao pesquisador um trabalho reflexivo em cima da percepção ambiental para dar às informações obtidas uma maior fidedignidade (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

O resultado do Fator R (erosividade das chuvas) na área da bacia foi extrapolado do Município de Londrina. Na área de estudo não há medições de pluviometria, sendo assim, optou-se por utilizar os dados fornecidos pelo IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), coletados na estação de Londrina. Conforme demonstra a **quadro 4**, a média do Fator R estimada para a bacia hidrográfica do rio Taquara é de 6.120,60 MJ/mm/ha/ano, ficando abaixo de alguns valores verificados em estudos de outras áreas paranaenses (TOMAZONI *et al.*, 2005; PRADO & NÓBREGA, 2005; CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

Mês	Precipitação média 1976 – 2008	R mensal estimando em MJ/mm/ha/ano
JAN	210,1	1.101,78
FEV	186,4	870,79
MAR	136,9	477,41
ABR	111,5	322,33
MAI	117	353,22
JUN	88,5	209,25
JUL	63,7	188,94
AGO	52,8	85,26
SET	120,0	370,69
OUT	130,6	435,99
NOV	161,8	660,24
DEZ	204,5	1.044,71
ANUAL	1.584	6.120,60

Quadro 3 - Estimativa do Fator R para Londrina. Fonte: a partir de dados fornecidos pelos IAPAR.

A partir da identificação dos solos da bacia e definição de seu Fator K (**figura 4**), constatou-se que esses solos possuem valores de erodibilidade bastante baixos, por apresentarem alto índice de argila, com exceção dos Neossolos Litólicos eutróficos, que aparecem mais próximos aos espigões e apresentam um valor de K elevado em relação aos outros. Numa visão geral, os solos da área de estudo são relativamente pouco erodíveis,

não sendo, portanto, o fator determinante no processo erosivo, contudo, nas faixas onde predominam Neossolos Litólicos, pode-se defini-los como uma das determinantes para valores maiores de potencial erosivo (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

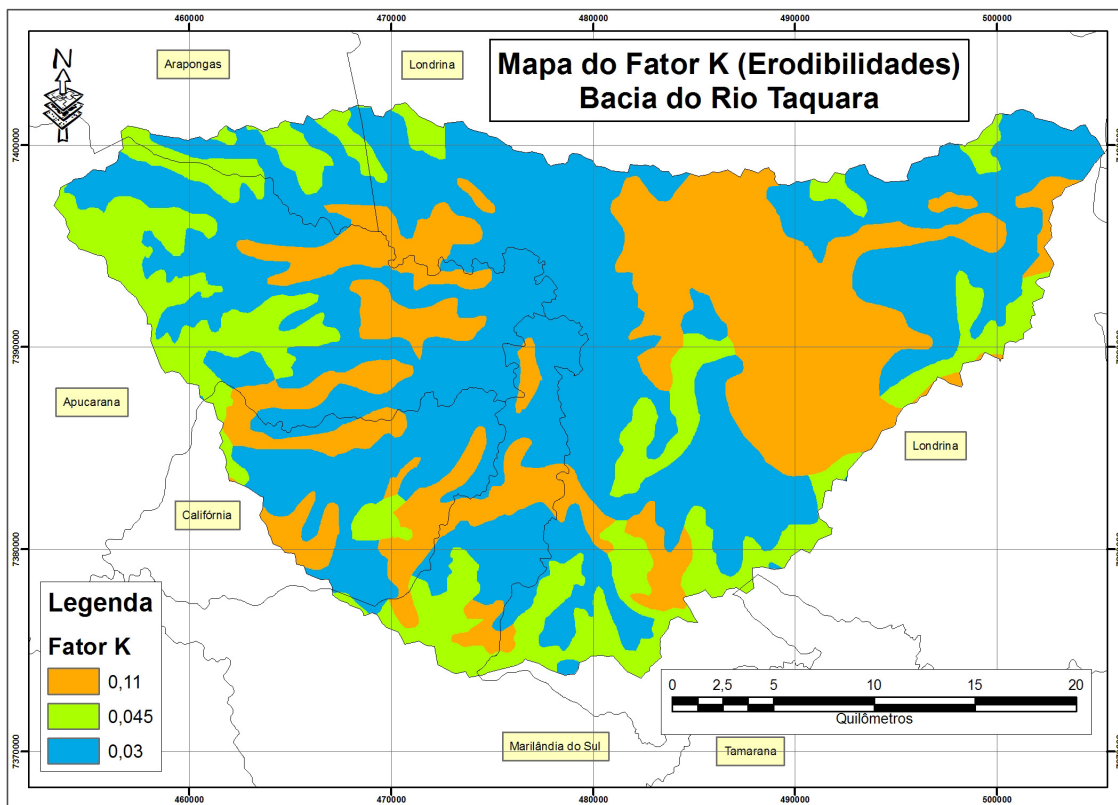


Figura 4 - Mapa do Fator K da EUPS da bacia hidrográfica do rio Taquara.

Fator LS	Classes de Fragilidade	Área em Km ²
0,0 a 1,5	Muito Baixa	179,20
1,5 a 2,5	Baixa	155,39
2,5 a 3,5	Média	275,71
3,5 a 4,5	Alta	165,41
4,5 a 14,7	Muito Alta	121,22

Quadro 4 - Divisão das Classes de Fragilidade referente ao Fator LS da bacia hidrográfica do rio Taquara.

Foram cruzados os dados obtidos através da equação de Renard *et al.* (1997, p. 103-110) com os valores de declividade, definindo-se cinco classes de Fragilidade

Ambiental (**quadro 5**). Através do Mapa do Fator LS (**figura 6**), pode-se perceber uma distribuição regular de classes de fragilidade na área da bacia, porém preocupante, pois mais de 30% de sua área se encontra nas classes alta e muito alta (**figura 5**), distribuídas por toda ela, principalmente à montante (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

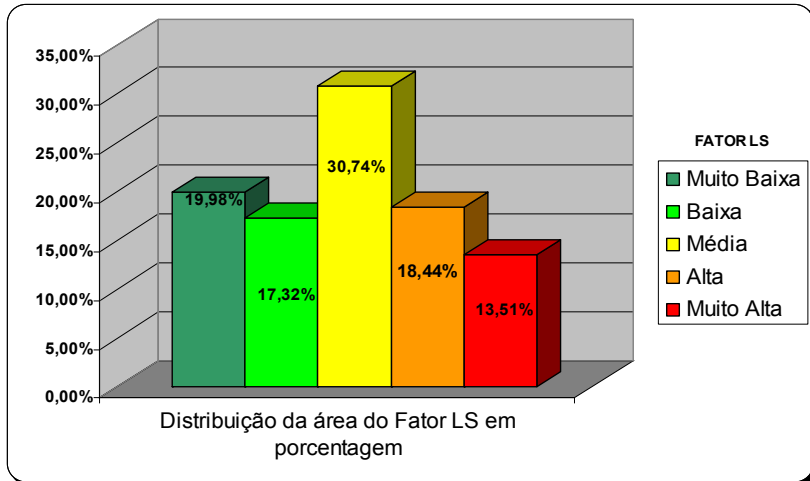


Figura 5 - Gráfico de distribuição percentual do Fator LS da bacia hidrográfica do rio Taquara.

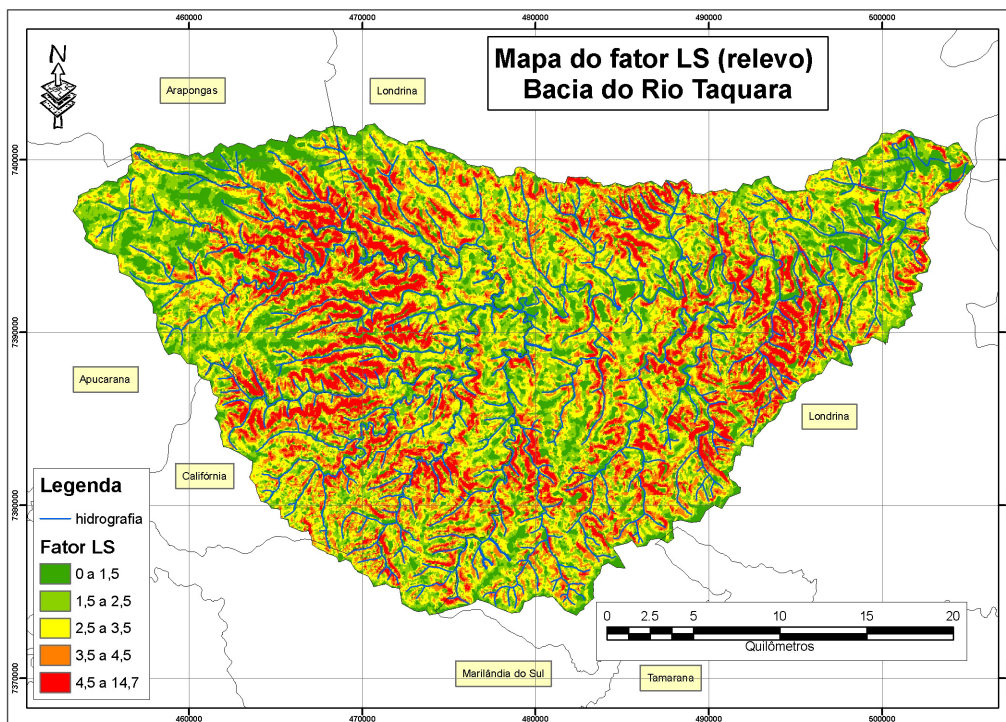


Figura 6 - Mapa do Fator LS da EUPS da bacia hidrográfica do rio Taquara.

A sobreposição dos dados naturais do meio físico, expressos pelos parâmetros **A=R.K.LS** da EUPS, permitiu a elaboração de um mapa de erosão potencial da bacia hidrográfica do rio Taquara (**figura 8**), que não leva em conta a cobertura vegetal, nem os métodos conservacionistas, expressando, assim, valores extremamente altos de erosão em ton/ha/ano (**quadro 6**) (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ²
Até 500	Muito Baixa	298,47
500 a 1000	Baixa	329,99
1000 a 2000	Média	117,32
2000 a 3000	Alta	92,44
3000 a 6600	Muito Alta	58,68

Quadro 5 - Classes de Fragilidade referentes à Erosão Potencial da bacia hidrográfica do rio Taquara.

Considerando a distribuição das classes de fragilidade, apresentadas no **quadro** acima e demonstradas na **figura 7**, constatou-se três regiões potencialmente problemáticas quanto ao alto índice de erosão laminar que, sobreposta ao mapa de solos (**figura 2**), abrangeu nitidamente as áreas de predominância dos Neossolos Litólicos eutróficos, que também tem por características as declividades mais acentuadas (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

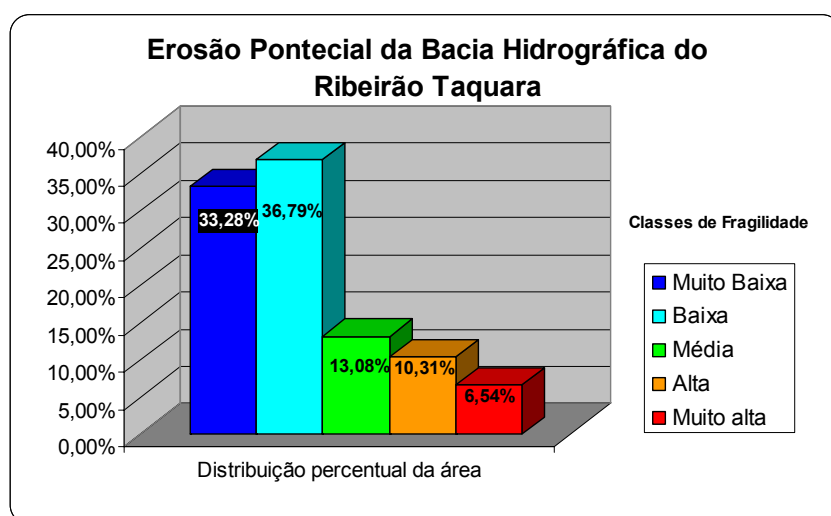


Figura 7 - Gráfico de distribuição percentual do Potencial Erosivo da bacia hidrográfica do rio Taquara.

O Mapa de Erosão Potencial por si só, pode ser considerado um instrumento muito importante para o planejamento e gestão da bacia, pois, de forma simples, aponta as áreas com maior predisposição física à erosão laminar e, conseqüentemente, a outros tipos de erosão (sulcos, ravinas entre outros) (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

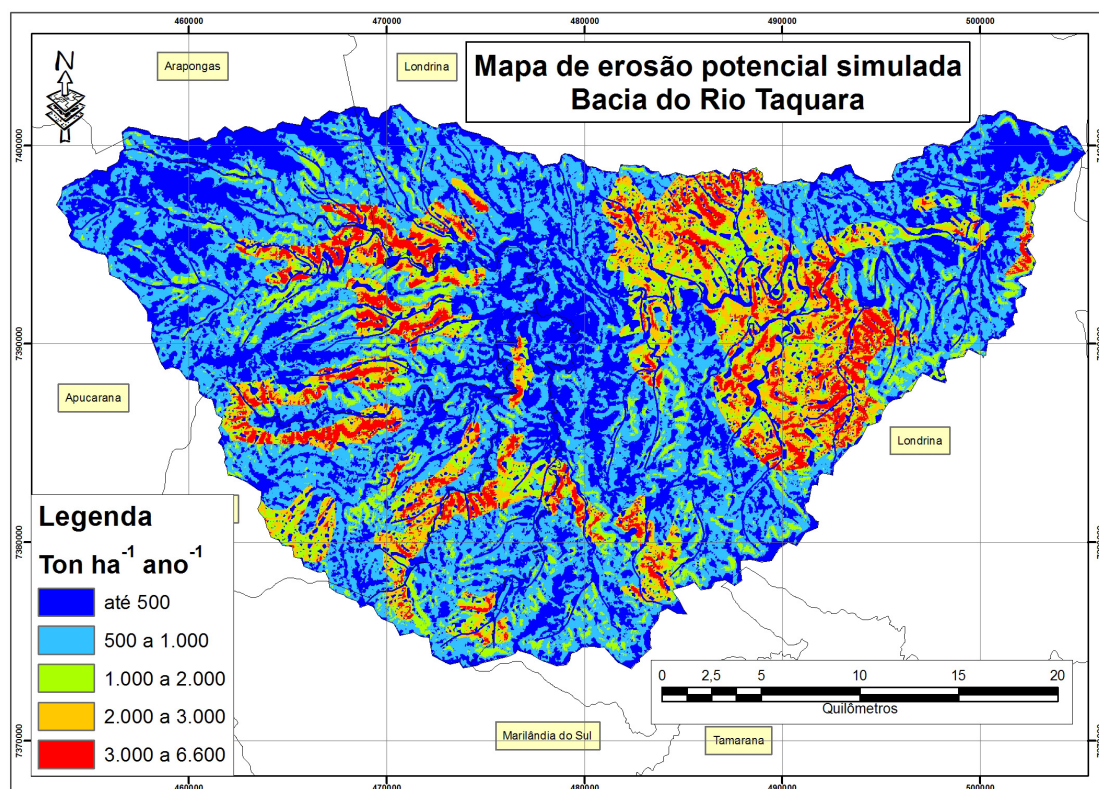


Figura 8 - Mapa de Erosão Potencial da bacia hidrográfica do rio Taquara.

Com os resultados da erosão potencial da bacia já definidos houve a necessidade de se inferir o parâmetro uso do solo, que nesta equação denomina-se Fator **C**. Para tanto, a partir do Mapa de Uso Atual do Solo (**figura 9**), foi elaborado outro chamado de Mapa do Fator **C** (**figura 10**), que se consistiu na forma de ocupação antrópica do espaço (OLIVEIRA, 2004), estipulando-se valores para cada tipo de uso. Este é um parâmetro muito importante em conjunto com as práticas conservacionistas, constituindo um fator decisivo nas perdas de solos (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

Todas as variáveis da EUPS apresentadas neste trabalho estão estritamente relacionadas a aspectos naturais que agrupados descreveram o potencial natural à erosão laminar conforme Rosa (1995).

Apenas nos fatores **C** e **P** levou-se em conta a participação antrópica no processo. Solos desprotegidos pela ausência de vegetação ficam mais susceptíveis à

erosão em face daqueles que se encontram recobertos por uma intensa cobertura vegetal. De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1999) a proteção dos solos vai sempre depender do estágio do crescimento da vegetação associada à seqüência de culturas e manejos.

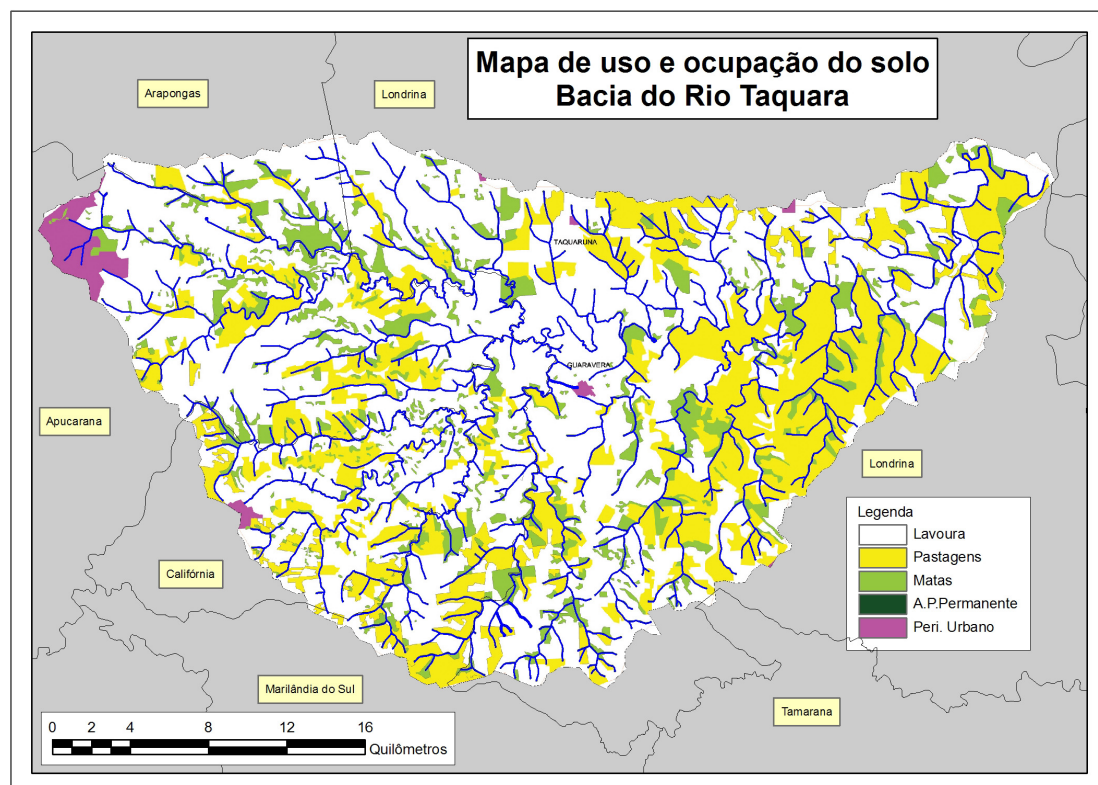


Figura 9 - Mapa do Uso e Ocupação do Solo na área da bacia hidrográfica do rio Taquara.

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ²
< 05	Muito Baixa	301,88
05 a 10	Baixa	65,68
10 a 50	Média	107,37
50 a 250	Alta	310,64
> 250	Muito Alta	106,80

Quadro 6 - Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Atual da bacia hidrográfica do rio Taquara.

O cruzamento de todas as informações, físico-ambientais e sócio-econômicas apuradas, possibilitou a construção de um Mapa de Simulação de Erosão (dentro dos parâmetros da EUPS) (figura 12) e a posterior obtenção de dados (quadro 7 e figura 11),

que nortearam as discussões acerca do estado ambiental da bacia, servindo de base para comparação com outras simulações e propostas de uso (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2009).

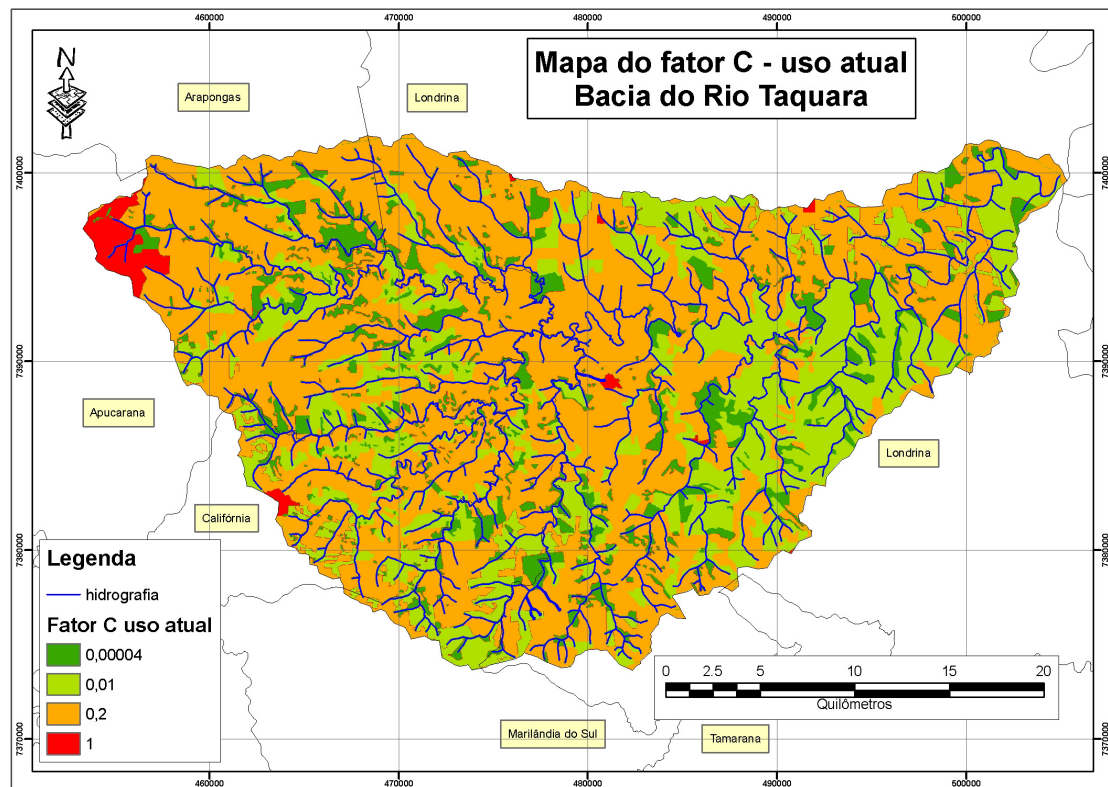


Figura 10 - Mapa de Fator C – Uso Atual do Solo – da bacia hidrográfica do rio Taquara.

Na **figura 13** apresenta-se um gráfico comparativo entre o Potencial Erosivo e a Simulação de Erosão no Uso Atual do solo, que foi elaborado a partir das divisões de classes de fragilidade ambiental, sendo a erosão laminar o indicador ambiental, onde se percebe nitidamente a importância do fator CP (Uso do Solo e Práticas Conservacionistas).

Observa-se que a área da bacia hidrográfica do rio Taquara está sob forte utilização agropecuária, principalmente a agrícola, com culturas temporárias, tendo seu solo constantemente exposto aos agentes dos processos erosivos até mesmo nas áreas de plantio direto, onde houve o desmonte dos murundus, alargando suas bases e diminuindo sua altura, ficando em alguns lugares apenas a marca dos terraços (**figura 14**).

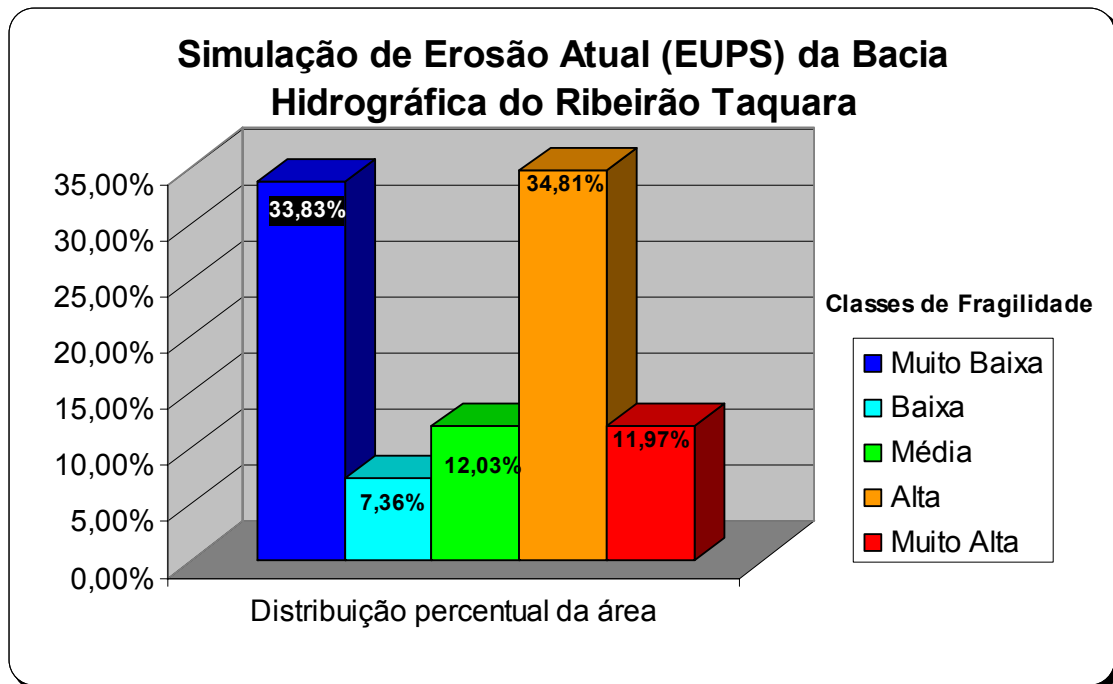


Figura 11 - Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão do Uso Atual (EUPS) da área da bacia hidrográfica do rio Taquara.

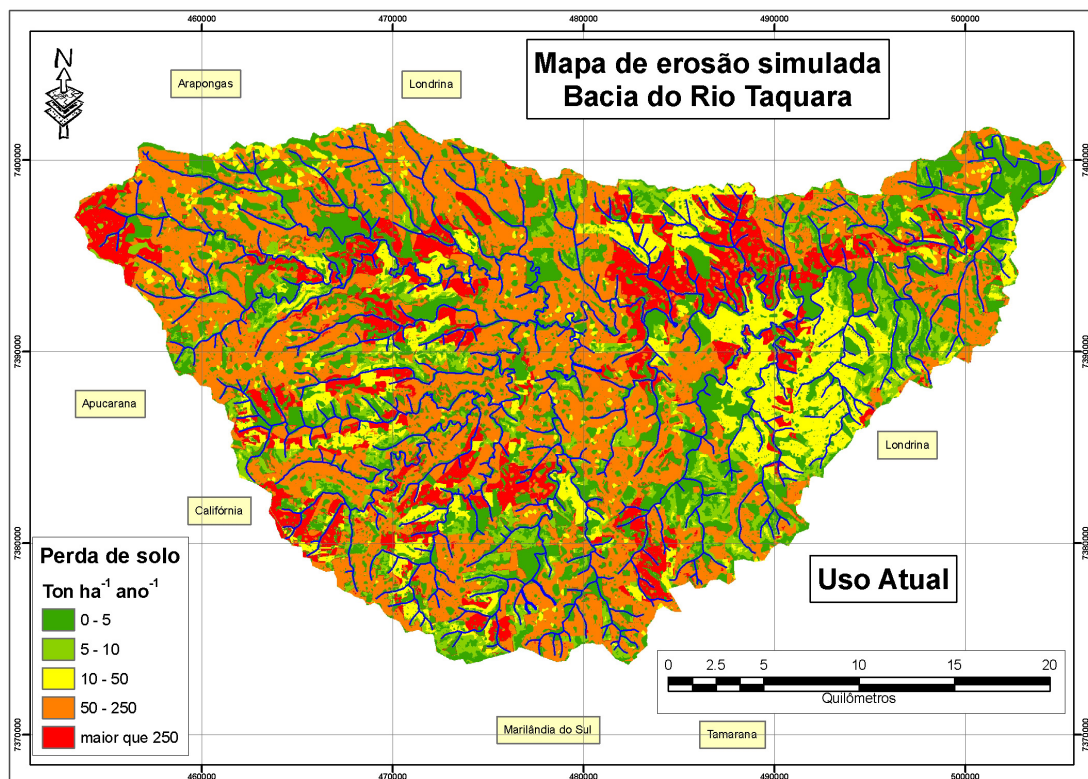


Figura 12 - Mapa de Simulação de Erosão do Uso Atual do Solo (EUPS) da bacia hidrográfica do rio Taquara.

Ocorre também o problema da falta de vegetação permanente (tanto das reservas legais, quanto das matas ciliares) (**figura 15**), podendo-se afirmar que na área da bacia hidrográfica do rio Taquara o manejo intensivo do solo agrícola não tem respeitado as capacidades de uso da terra quanto aos aspectos físicos, o que fica comprovado na comparação feita no gráfico anterior (**figura 13**).

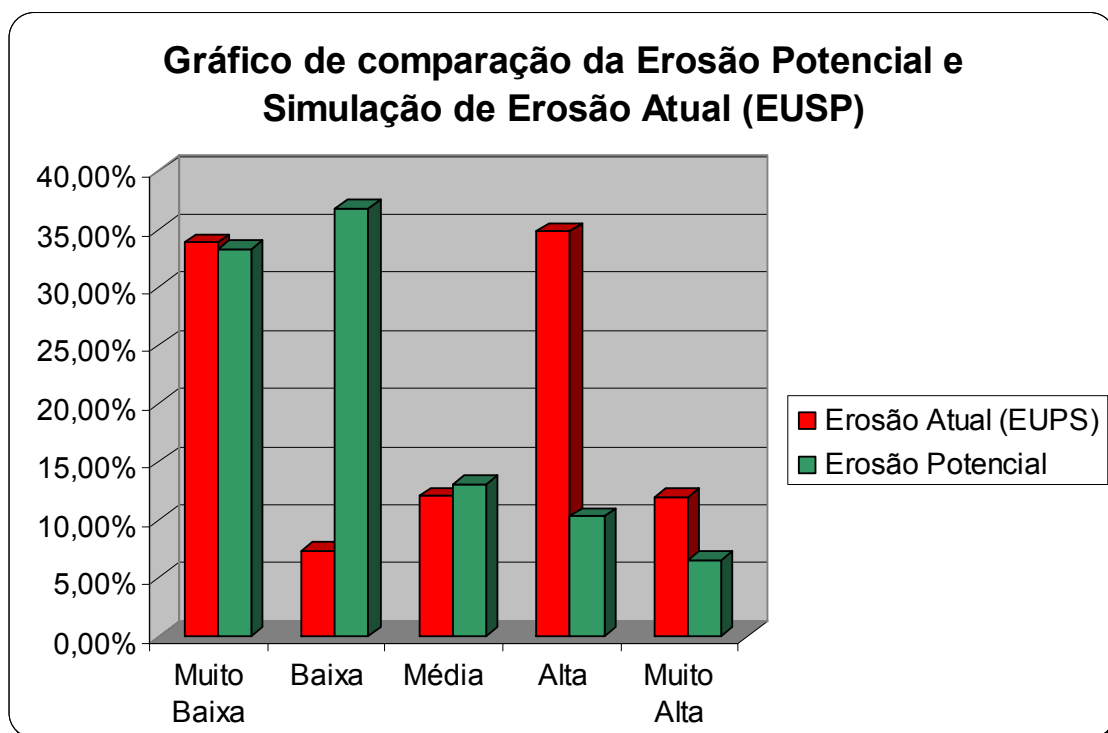


Figura 13 - Gráfico de comparação da Erosão Potencial com a Simulação de Erosão Atual (EUPS) da bacia hidrográfica do rio Taquara.

O uso do solo sem ou com pouco planejamento, que vem ocorrendo nesta área, aumenta muito o passivo ambiental público e privado. Deve-se lembrar aqui que os recursos naturais constituem um bem social, e que o direito público vem antes do privado, sendo assim, quando se chega a resultados alarmantes de perdas de solo, também é preciso levar em conta que este não é o único recurso natural que o sistema está perdendo. Entre outros, destacam-se as perdas hidrológicas, pois, se há intenso escoamento superficial, menos água percolará, acentuando os picos de cheias nos cursos d'água e a consecutiva falta e rebaixamento do lençol freático em momentos de estiagem prolongada, acarretando problemas nas duas situações, enchentes nas cheias e falta de umidade nos solos para suprir as necessidades das culturas temporárias.



Figura 14 - Foto de área da bacia evidenciando a falta de murundus.



Figura 15 - Foto evidenciando a ausência de Mata Ciliar.

Todos esses problemas são comuns à área, como se pode observar em campo e registros fotográficos, que vieram convalidar os resultados obtidos a partir da equação estatística (EUPS), aplicada para definir o estado ambiental atual desta bacia. O objetivo

destes estudos ambientais não foi a quantificação, mas sim a qualificação e a definição do quadro físico-ambiental que interessava à análise do estado ambiental da referida bacia.

Em compensação existe uma área que, através da interpretação visual das imagens orbitais e visitas *in loco*, mostrou resultados satisfatórios no tocante à conservação dos ecossistemas da região de estado. Essa área é conhecida como Fazenda Figueira, hoje Estação Experimental Agrozootécnica Hildegard Georgina Von Pritzelwits, administrada pela ESALQ-USP de Piracicaba-SP, situada no Distrito de Paiquerê, no município de Londrina (figura 16).

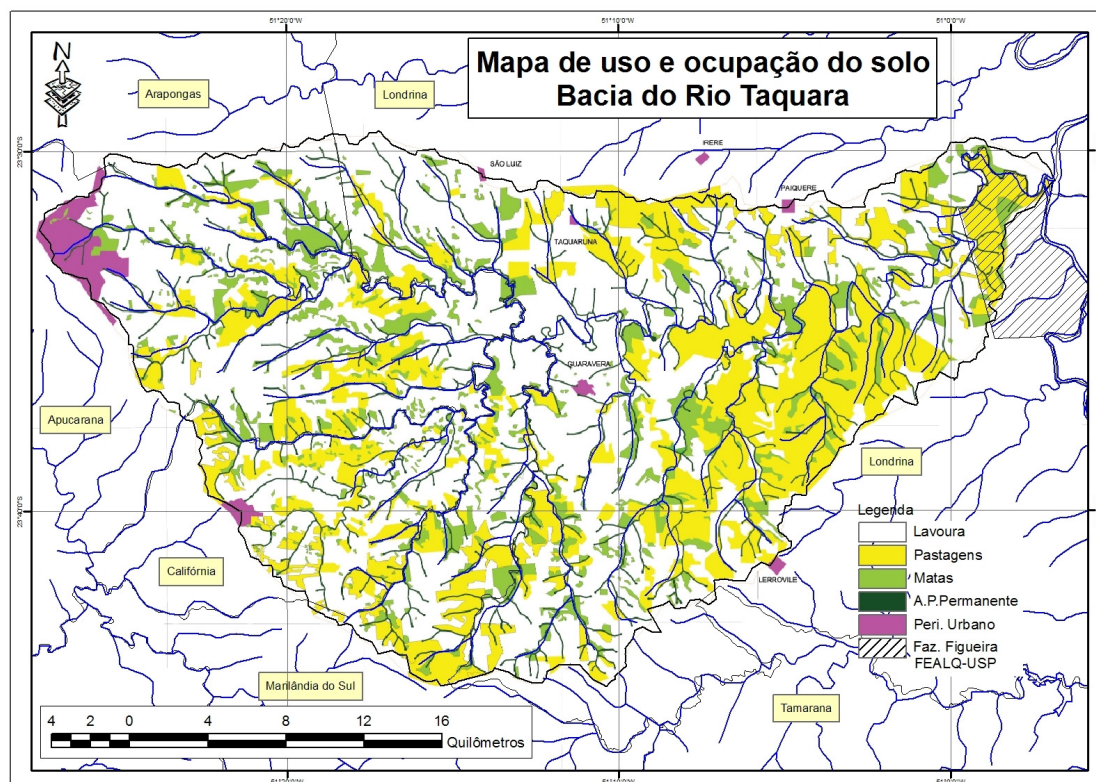


Figura 16 - Mapa de uso e ocupação do solo, com delimitação da Fazenda Figueira.

O meio ambiente não é uma simples justaposição matemática entre seus diversos componentes, mas um sistema complexo, em contínua e dinâmica renovação, produto da relação dialética que existe entre seus elementos, devendo a sua investigação ser realizada sempre de forma integrada.

A abordagem holística das diversas áreas do saber propicia o conhecimento global do processo, bem como as interconexões entre os elementos e o caráter dinâmico da paisagem. Sotchava (1978), já mostrava que a preocupação central dos estudos da Geografia Física não era a simples investigação dos componentes da natureza, e sim, as

conexões entre eles, devendo, pois, não restringi-lo meramente à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas extrapolar para o estudo da sua dinâmica incluindo as conexões entre o homem e a natureza. As informações e dados que permitiram a elaboração do Gráfico e Mapa de Zonas de Fragilidade Ambiental (**figuras 17 e 18**) foram hierarquizadas em função do maior ou menor grau de vulnerabilidade à erosão, face ao seu uso e ocupação determinados pela aplicação da EUPS.

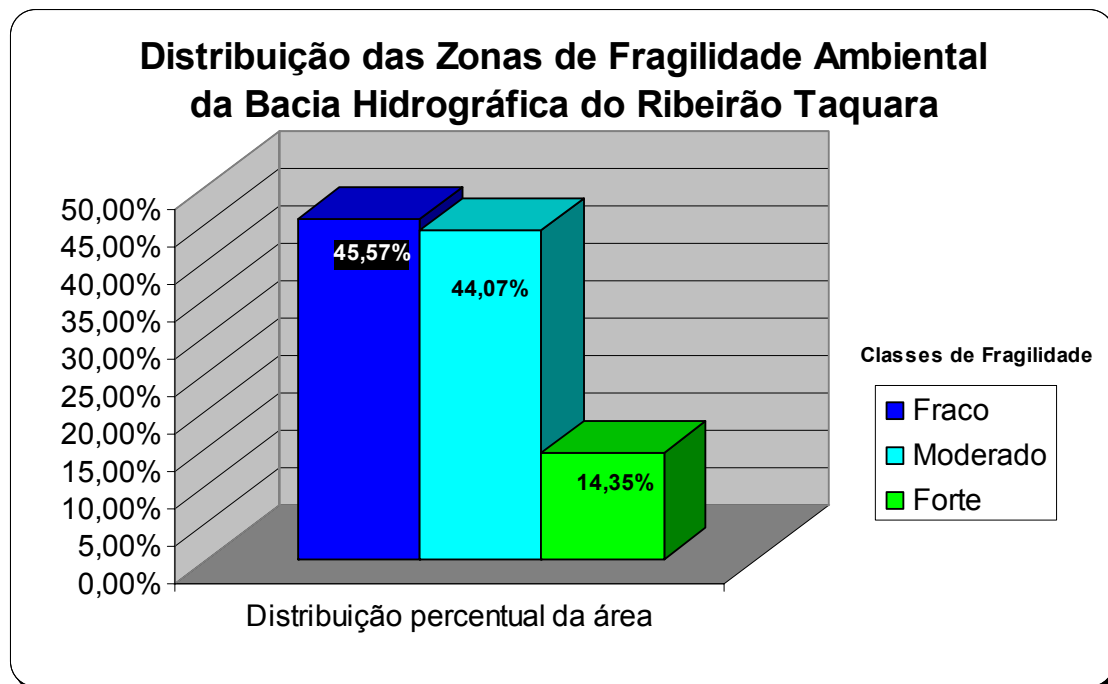


Figura 17 - Gráfico da Distribuição das Zonas de Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do rio Taquara.

Por meio desses estudos pode-se obter um quadro global das condições do estado ambiental da área das bacias hidrográficas, elaborando-se, a partir daí propostas de caráter corretivo e preventivo, quanto ao uso e ocupação dos solos.

ROSS (2006), sobre essa temática, explica que a identificação de espaços territoriais, seja como unidade de paisagens, unidades de terras ou unidades ambientais, devem ser correlacionadas com informações integradas para que haja um entendimento das fragilidades potenciais e emergentes, bem como das potencialidades naturais e sociais.

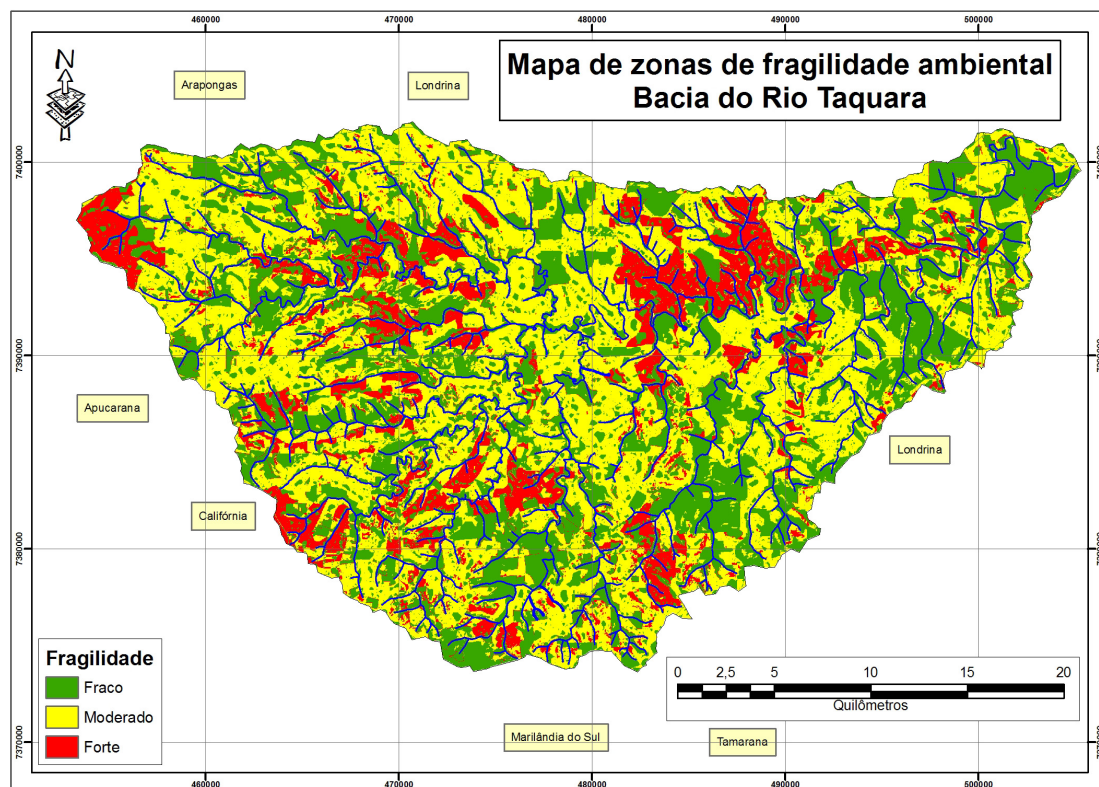


Figura 18 - Mapa de Distribuição das Zonas de Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do rio Taquara. Fonte: Campos *et al.* (2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura moderna e principalmente a familiar vem utilizando os solos de maneira intensa, inclusive nas áreas com restrições, isto é, espaços com solos frágeis de baixa aptidão agrícola que degradam mais facilmente e como consequência acabam diminuindo a sua produtividade. Novas áreas vêm sendo utilizadas na região da bacia do rio Taquara provocando o desaparecimento de remanescentes florestais. Por ser uma extensa bacia percebeu-se que apesar de em alguns espaços adotarem a rotação de solos muitas vezes ela ocupa solos rasos e vertentes declivosas o que provoca o desequilíbrio ambiental. A degradação também se instala de forma agressiva da porção média para a baixa da bacia evidenciando os processos de erosão.

Para um adequado planejamento ambiental há que se levar em conta a dinâmica do relevo para que se possa sustentar a produtividade agrícola. A aplicação da metodologia deste trabalho pode contribuir para uma melhor compreensão dos processos hidrodinâmicos que ocorrem na região de uma bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS

- BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 4ª ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- CAMPOS, Ricardo A. **Estudos ambientais no espaço geográfico da bacia hidrográfica do ribeirão das Marrecas, Londrina (PR)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Estadual de Londrina. Londrina.
- CAMPOS, Ricardo A.; STIPP, Marcelo E. F.; STIPP, Nilza A. F. Estudos sobre o potencial erosivo na área de uma bacia hidrográfica no município de Londrina - PR. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: A Geografia Física Aplicada e as dinâmicas de apropriação da natureza**, 13. 2009. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3ª ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.
- MENDONÇA, Francisco de A. A Tipologia Climática: Gênese, Características e Tendências. *In*: STIPP, Nilza A. F. **Macrozoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Tibagi (PR)**. Londrina: EDUEL, 2000. p. 21-61.
- OLIVEIRA, Antonio M. M. de. **Aplicação de geotecnologias e do modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra: estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do ribeirão Cachoeirinha, Iracemópolis, SP**. 2004. 114 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.
- PRADO, João P. B. de; NÓBREGA, Maria T. de. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Sci. Technol.**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 33-42, jan./jun. 2005.
- RENARD, Kenneth G., et al. (org.). **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE)**. U. S. Dept. of Agriculture: Agric. Handbook n. 703, 1997.
- ROSA, Roberto. **O uso de sistemas de informação geográfica para estimativa de perdas de solo por erosão laminar**. Anais do VI simpósio Nacional de Geografia Física e Aplicada, Vol. II, Goiânia, 1995. p. 266-271.
- ROSS, Jurandyr L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- RUFINO, Ronaldo L.; BISCAIA, Rui C. M.; MERTEN, Gustavo H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. **Rev. Bras. De Ciências do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 439-444, set./dez. 1993.
- SOTCHAVA, Viktor B. Por uma teoria de classificação dos geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia**. São Paulo, n. 14, 1978.
- STIPP, Nilza A. F. **Macrozoneamento Ambiental da bacia hidrográfica do rio Tibagi (PR)**. Londrina: Ed. UEL, 2000.
- TOMAZONI, Julio C. et al. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 1-21, jan./jun. 2005.
- VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, Gonzalo A. *et al.* Determinação de seqüências culturais em microbacia hidrográfica para caracterização do Fator C da EUPS, utilizando fotografia aérea. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, p. 63-67, 1996. (CD-ROM).

VITTE, Antonio C. Metodologia para cálculo de perdas de solo em bacias de drenagem. **Bol. Par. de Geociências**, Curitiba, n. 45, p. 59-65, 1997.

WISCHMEIER, Walter H.; SMITH, Dwight D. **Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for selection of Practices for Soil and Water Conservation**. U. S. Dept. of Agriculture: Agric. Handbook n. 282, 1965.

WISCHMEIER, Walter H.; SMITH, Dwight D. **Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning**. Agriculture Handbook, n. 537, U.S. Department of Agriculture, Washington, 1978.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

STIPP, Nilza Aparecida Freres; MENDONÇA, Francisco de Assis; CAMPOS, Ricardo Aparecido. O potencial de erosão de uma bacia hidrográfica: utilização da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) como ferramenta de gestão ambiental. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 29-51, maio/ago. 2011. URL: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia>>

EDITOR DE SEÇÃO:

Rosely Sampaio Archela

TRAMITAÇÃO DO ARTIGO:

✓ Recebido em 24/01/2011

✓ Aceito para publicação em 08/08/2011

