

*Mapeamento das áreas com risco potencial a erosão  
dos solos no município de Marialva –Paraná*

*Mapping of areas with potential risk of soil erosion  
in the municipality of Marialva - Paraná*

*Cartografía de las zonas con riesgo potencial de erosion del  
suelo en el municipio de Marialva - Paraná*

Carlos Henrique da Graça  
Universidade Estadual de Maringá  
henriquechg@gmail.com

Hélio Silveira  
Universidade Estadual de Maringá  
hesilveira70@hotmail.com

Paulo Miguel de Bodas Terassi  
Universidade Estadual de Maringá  
pmbterassi@gmail.com

---

**Resumo**

Os problemas causados pela erosão dos solos na região norte do estado do Paraná são resultantes, em grande parte, da combinação do inadequado uso e manejo dos solos com um regime pluviométrico muito variável ao longo do ano. O objetivo deste trabalho é mapear e classificar as áreas com risco potencial à erosão dos solos no município de Marialva, com 475,12 km<sup>2</sup> de extensão. Os procedimentos metodológicos basearam-se na correlação das informações sobre suscetibilidade a erosão dos solos, erosividade das chuvas, cobertura vegetal e uso da terra. Os resultados indicaram que 55,1% da área total do município apresenta forte risco potencial. Os solos com médio potencial respondem por 24,1% do município; muito forte representa 17,5%, e baixo, apenas 3,3% da área. Essas informações podem auxiliar no melhor aproveitamento de áreas cultiváveis e, sobretudo, repensar a utilização de terras mais vulneráveis a processos erosivos.

**Palavras chave:** mapeamento, uso do solo, risco potencial à erosão, estado do Paraná.

---

### Abstract

The problems caused by soil erosion in northern of Paraná state, Brazil, are largely due to a combination of inappropriate use and management of soils with highly variable rainfall throughout the year. The aim of this work is to map and classify the areas with potential risk to soil erosion in municipality of Marialva, with 475,12 km<sup>2</sup>. The methodological procedures was based on the correlation of information on susceptibility to soil erosion, rainfall erosivity, land cover and land use. The results indicated that 55.1% of the total area has strong potencial of erosion. Soils with medium potential correspond to 24.1%; very strong, are 17.5%; and low potential, only 3.3% of total area. These information can help in better utilization of farmland and especially in rethinking the use of land vulnerable to erosion.

**Keywords:** mapping, use soil, potential erosion risk, Paraná state.

---

### Resumen

Los problemas causados por la erosión del suelo en el norte del estado de Paraná se deben en gran parte a la combinación de un uso indebido y la gestión de los suelos con precipitaciones muy variables durante todo el año. El objetivo de este trabajo es localizar y clasificar las zonas con riesgo potencial de erosión del suelo en el municipio de Marialva, con 475,12 km<sup>2</sup> de extensión. Los procedimientos metodológicos se basan en la correlación de la información sobre la susceptibilidad a la erosión del suelo, erosividad de la lluvia, la cobertura vegetal y uso del suelo. Los resultados indicaron que 55,1% de la superficie total del municipio presenta fuerte riesgo potencial. Ya clases de medio riesgo potencial de erosión ocupan 24,1% de la superficie; muy fuerte y bajo ocupan, respectivamente, 17,5% y 3,3% de la superficie. Los resultados pueden ayudar a una mejor utilización de las tierras agrícolas, y en especial, repensar el uso de las zonas más vulnerables a la erosión.

**Palabras clave:** cartografía, uso del suelo, riesgo potencial de erosión, estado de Paraná.

---

## Introdução

Os problemas causados pela erosão hídrica dos solos na região norte do Estado do Paraná são resultantes, em grande parte, da combinação do uso e manejo inadequados dos solos sob um regime pluviométrico muito variável ao longo do ano. No entanto, o maior desafio relacionado às causas da erosão é compreender a interação existente entre os processos físicos naturais e socioeconômicos como agentes ativos dentro do processo. Nesse sentido, Bertoni e Lombardi Neto (2005) expõem que seus processos são regionalmente interdependentes porque muitos deles foram estabelecidos pela introdução de novas culturas e novos métodos de cultivo, que contribuem para transformações nas condições físicas do solo.

Para Bigarella e Mazuchowski (1985), quando a ocupação de uma região de clima tropical é efetuada sem o devido planejamento do meio natural, a vigência de condições de alta energia no ecossistema é favorecida, seja pelas mudanças hidrológicas provocadas pelo desmatamento, seja pelas modificações

nas características superficiais e físicas do solo, causando uma redução acentuada, pelo menos temporária, da permeabilidade do solo. Nesse contexto, os principais fatores condicionantes do processo de erosão hídrica são: a chuva (erosividade) e o solo (erodibilidade). A topografia, a cobertura vegetal e as práticas conservacionistas são fatores considerados secundários (LAGO, 2000; CREPANI *et al.*, 2000).

Segundo Guerra (2010) o processo de erosão somente ocorrerá se as chuvas tiverem capacidade de destruir os agregados dos solos, fracionando-os em agregados menores e partículas simples, para serem transportados e, também, que o solo permita a destruição de suas unidades estruturais, devido sua elevada erodibilidade. A energia cinética é uma das características físicas da chuva que determina a *erosividade* (GOUDIE, 1985). A determinação do potencial erosivo das chuvas depende principalmente dos parâmetros de erosividade e também das características das gotas de chuva, que variam no tempo e no espaço (GUERRA, 1991). A erodibilidade de um solo é a suscetibilidade desse solo de ser erodido devido a suas características físicas e químicas, sendo o inverso da resistência ao processo erosivo (mais resistente - menos erodível e vice-versa) (ZACHAR, 1982).

Os solos sob condições naturais apresentam perdas relativamente pequenas por erosão hídrica, no entanto, alguns solos são mais susceptíveis a erosão do que outros, de acordo com suas características físicas (textura, permeabilidade e profundidade), mesmo que a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e práticas de manejo sejam as mesmas (LEPSCH, 2010). Essas diferenças são atribuídas às propriedades do próprio solo, que são denominadas como *erodibilidade* (LOMBARDI NETO E BERTONI, 1975). As principais propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água, segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), são: (a) as que afetam a velocidade de infiltração da água no solo, a permeabilidade e a capacidade de absorção da água; (b) aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e da enxurrada.

Para Salomão (2010), o entendimento desses processos permite destacar dois importantes eventos iniciais para a formação da erosão: o impacto das gotas de chuva no solo, sobretudo quando desprotegido de vegetação, e o escoamento superficial das águas que transporta as partículas liberadas. Assim, a erosão hídrica pode ser entendida como produto final da interação chuva/solo e é, portanto, uma resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo em resistir à erosão.

Diante disso, procurou-se levantar e identificar as principais informações correlacionadas ao processo erosivo hídrico dos solos, como: precipitação pluviométrica, índice de erosividade, suscetibilidade à erosão dos solos,

cobertura vegetal e uso da terra, com o objetivo mapear e classificar as áreas com risco potencial à erosão dos solos no município de Marialva - Paraná.

### Caracterização da área de Estudo

A área de estudo corresponde ao município de Marialva, inserido na região norte do estado do Paraná, situado entre 23°18'45" e 23°39'22.5" de latitude sul e 51°43'07.5" e 52°03'45.5" de longitude oeste, abrangendo uma área territorial de 475,12 km<sup>2</sup> (figura 1).

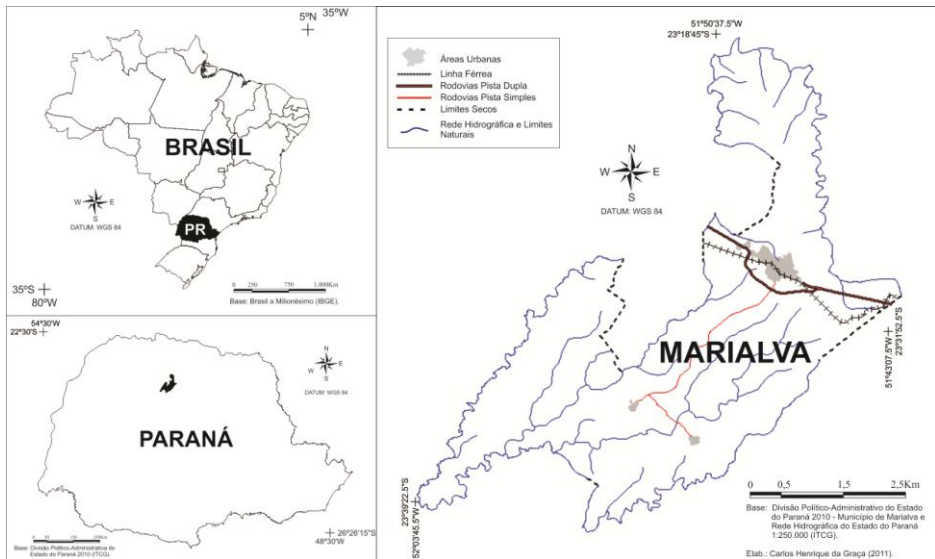


Figura 1 - Localização da área de estudo.

### Aspectos históricos e socioeconomicos

Em 1940, a Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, proprietária de extensa gleba de terras adquiridas do Governo do Estado do Paraná, no trecho histórico “Caminho de Peabiru”, promoveu a criação do patrimônio Marialva, na estrada que ligava Mandaguari a Maringá. Anos depois, devido aos movimentos iniciados pelos moradores, foi elevado a distrito de Mandaguari em 01/11/1947 (*Lei Estadual nº 02*), sendo emancipado apenas em 14/12/1952 (IBGE, 2008).

Com padrões de desenvolvimento de quem acabara de emancipar-se, Marialva manteve o modo agrícola implantado pela Companhia colonizadora

de pequenas propriedades com cultivo de café, que perdurou até meados da década de 1970. Em 1975 com ocorrência da chamada *geada negra*, que devastou extensas áreas cafeeiras no Paraná, houve a intensificação monocultura mecanizada na região (MORO, 1988). Embora, com expansão da agricultura mecanizada alguns setores do município conseguissem manter sua estrutura rural baseada em pequenas propriedades, a partir da década de 1980, com entrada do cultivo da uva fina de mesa, veio estimular a economia do setor rural e ajudou a manter os pequenos produtores rurais no campo, além de empregar outras famílias.

Apesar do setor agropecuário não ser atualmente a principal atividade econômica do município, correspondendo a apenas 19,1% do PIB, atrás do setor de serviços e industrial, que juntos correspondem a 80,9% do PIB municipal (IPARDES, 2011), sua importância é notável, por absorver uma grande parcela da mão de obra do município e da região, especialmente, para trabalhar na viticultura, que emprega anualmente, direta ou indireta, cerca de 10 mil trabalhadores (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIALVA, 2011). Até o ano de 2010 sua população censitária era de 31.959 habitantes, desse total, 25.792 ou 80,7% residem na área urbana e 6.167 ou 19,3% encontram-se na área rural (IBGE, 2011).

### **Aspectos do meio físico**

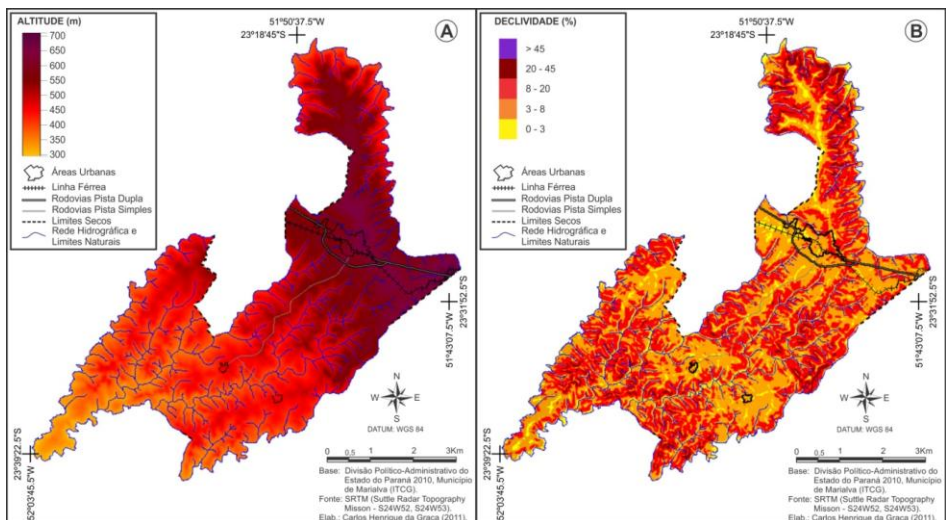
O clima predominante na região onde está inserido o município de Marialva, segundo a classificação de Köppen (1948), é o subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes e geadas pouco frequentes. A temperatura média do mês mais quente é superior a 24°C e a do mês mais frio inferior a 18°C, apresentando médias pluviométricas anuais entre 1.500 e 1.650mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). Esta região foi denominada por Maack (1968) como Terceiro Planalto Paranaense, apresentando-se geologicamente bastante uniforme e caracterizada por extensos derrames de lavas básicas que deram origem ao basalto da Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2001).

Geomorfologicamente, o município está inserido nas subunidades morfoesculturais denominadas como Planalto de Apucarana, que apresenta uma alta dissecação do relevo e, Planalto de Maringá com uma baixa dissecação do relevo. Entretanto, ambas as subunidades apresentam formas de relevo com topos alongados, vertentes convexas e vales em “V” (SANTOS *et al.*, 2006).

A área urbana do município está localizada a uma altitude média de 602m, contudo seu território apresenta altitudes bem variadas, com amplitude altimétrica de 400m, sendo que ao sul são encontrados os menores valores

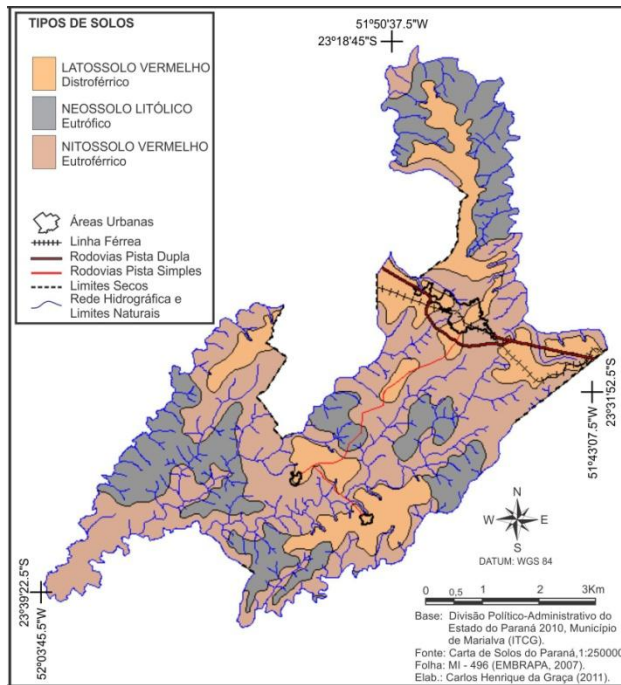
altimétricos, próximos a 300m. Da porção central em direção ao norte são encontradas as maiores altitudes, chegando a alguns pontos a mais de 700 m (Figura 2 - A).

O relevo apresenta-se bem movimentado, variando de plano a montanhoso, com predominância da classe de relevo ondulado (8% a 20%). A classe suave ondulado (3% a 8%) também é bem representativa, concentrando-se mais sobre a porção centro-sul do município. Com pequenas manchas e pouco representativos encontram-se os relevos Plano (0 a 3%) estando sempre associado aos topos de interflúvios, forte ondulado (20 a 45%) que se destaca mais ao norte do município onde prevalecem as maiores altitudes, assim como, o montanhoso (>45%) (figura 2 - B).



**Figura 2 – Hipsometria A); Declividade B) do município de Marialva – PR.**

Os principais tipos de solos que ocorrem no município segundo levantamento dos solos do Estado do Paraná realizado pela EMBRAPA (2007) são formados a partir da alteração do basalto, como: o Latossolo Vermelho Distroférico, Neossolo Litólico Eutrófico e o Nitossolo Vermelho Eutrófico (figura 4).



**Figura 4** – Tipos de solos redominantes no município de Marialva – PR.

A vegetação natural encontrada no município é classificada como remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual - Montana e Submontana (PARANÁ, 1987).

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado em três etapas. A primeira consistiu no levantamento do referencial teórico e obtenção de bases disponíveis de informações relacionadas aos atributos do meio físico (pluviosidade, solos, relevo e cobertura vegetal) e socioeconômico (uso da terra) do município.

O levantamento dos atributos do meio físico, como tipos de solos e formas do relevo baseou-se na digitalização de bases cartográficas e na obtenção de informações extraídas do Mapa de Solos (EMBRAPA, 2007) e no Mapeamento Geomorfológico (SANTOS *et al.*, 2006) do Estado do Paraná. Para complementar as informações sobre as características do relevo foram elaboradas cartas de classes de declividade e hipsometria, utilizando imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e editados na escala 1: 50.000.

Os dados referentes à precipitação pluviométrica foram obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná, sendo analisados dez postos pluviométricos situados ao entorno e no máximo 50 km do município, que correspondem a 1976 a 2010 (quadro 1).

**Quadro 1 - Dados dos dez postos pluviométricos utilizados.**

Municípios	Postos Pluviométricos	Códigos (ANEEL)	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Série (Anos)
<b>Astorga</b>	<b>Astorga</b>	2351051	23°14'14"	51°39'41"	572	1976 – 2010
<b>Bom Sucesso</b>	<b>Bom Sucesso</b>	2351004	23°42'38"	51°46'26"	531	1976 – 2010
<b>Cambira</b>	<b>Cruzeiro</b>	2351043	23°39'46"	51°36'09"	601	1976 – 2010
<b>Iguaraçu</b>	<b>Iguaraçu</b>	2351050	23°10'59"	51°49'59"	581	1976 – 2010
<b>Itambé</b>	<b>Itambé</b>	2351028	23°39'00"	51°58'59"	420	1976 – 2010
<b>Ivatuba</b>	<b>Sítio Floresta</b>	2352061	23°37'01"	52°11'47"	339	1976 – 2010
<b>Marialva</b>	<b>São M. do Cambuí</b>	2351029	23°36'35"	51°51'36"	372	1976 – 2010
<b>Maringá</b>	<b>Floriano</b>	2352055	23°31'35"	52°03'13"	424	1976 – 2010
<b>Maringá</b>	<b>Guaiapó</b>	2351045	23°24'00"	51°52'26"	584	1976 – 2010
<b>Sarandí</b>	<b>Vale Azul</b>	2351044	23°29'02"	51°54'20"	504	1976 – 2010

Fonte: Instituto de Águas do Paraná.

As informações sobre cobertura vegetal e uso da terra foram obtidas através da classificação de imagens de satélite LandSat 5, sensor TM (bandas: 3, 4 e 5; 222/76 – 10/04/2011). As informações foram reunidas em quatro grupos: Florestas ou Matas; Pastagem ou Campo; Uso Misto e Lavouras Temporárias, além da área urbana.

A segunda etapa consistiu em correlacionar as informações obtidas anteriormente e desenvolvê-las separadamente dentro de um contexto metodológico que se adequasse melhor à área de estudo e, sobretudo, apontasse resultados consistentes e detalhados em forma de mapeamento de áreas com diferentes graus de risco potencial à erosão dos solos. Para isso, foram correlacionados os resultados referentes às classes de suscetibilidade a erosão dos solos (EMBRAPA, 1988), de índice de erosividade (RUFINO *et al.*, 1993) e de cobertura vegetal e uso da terra (CREPANI *et al.*, 1996). Em cada variável classificada foram atribuídos pesos de 1,0 a 3,0, sendo que as classes mais estáveis exibem valores próximos a 1,0, as intermediárias ao redor de 2,0 e as mais instáveis próximas a 3,0.

Para obtenção das classes de susceptibilidade à erosão dos solos (tabela 1) no município correlacionou-se as informações referentes aos tipos de solo e suas propriedades, principalmente as físicas, a configuração do relevo (comprimento de rampa e declividade).



**Tabela 1** - Classes de suscetibilidade à erosão hídrica.

Suscetibilidade à erosão	Pesos
Nula	1,0
Ligeira	1,5
Moderada	2,0
Forte	2,5
Muito Forte	3,0

Para determinação dos valores de erosividade das chuvas no município utilizou-se os dados pluviométricos compreendidos entre 1976 a 2010 de todos os postos, onde foi aplicada à equação do tipo  $Y = a + bx$  para apontar o índice de erosividade das chuvas, em que:  $Y$  = índice de erosão (MJ.mm/ha/h/ano);  $a$  e  $b$  = coeficientes linear e angular, e  $x = p^2/P$  ( $p$  – precipitação média mensal em milímetros;  $P$  – precipitação média anual em milímetros). A equação utilizada para o município foi:

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

Posteriormente, os resultados foram classificados segundo Larios (2007) (tabela 2).

**Tabela 2** - Classes de erosividade anual.

Classes de erosividade	Valores de EI (MJ.mm/ha/h/ano)	Pesos
Muito Baixa	$EI < 2455,0$	1,0
Baixa	$2455,0 < EI < 4910,0$	1,5
Média	$4910,0 < EI < 7365,0$	2,0
Alta	$7365,0 < EI < 9820,0$	2,5
Muito Alta	$EI > 9820,0$	3,0

A cobertura vegetal e uso da terra foram considerados como sendo a defesa do terreno contra os efeitos dos processos modificadores das formas do relevo. Assim, a densidade de cobertura vegetal e os tipos de uso da terra de uma determinada área apresentam diferentes capacidades de proteção para o solo e o homem como agente ativo na modificação do meio interfere significativamente no controle natural desses processos dependendo dos tipos de cultivos e de práticas que ele realiza. Partindo desse entendimento, os atributos relacionados nessa variável foram passíveis de quantificação pelo grau de proteção a erosão que cada um exerce sobre o solo (Tabela 3).

**Tabela 3 – Cobertura vegetal e uso da terra.**

<b>Cobertura Vegetal/ Uso da Terra</b>	<b>Pesos</b>
Florestas densas/Matas	1,0
Pastagem/Campo	2,0
Lavouras permanentes	2,5
Uso misto	2,75
Lavouras temporárias, áreas urbanas	3,0

Os resultados provenientes das variáveis apresentadas anteriormente (susceptibilidade a erosão, índice de erosão e cobertura vegetal/uso da terra), com seus respectivos pesos atribuídos foram correlacionados para estabelecer as classes de Risco Potencial à Erosão. Para isso, utilizou-se de média aritmética simples segundo uma equação empírica:

$$R.P.E = (SE+EI+CVUT)/3$$

Onde: *R.P.E* = Risco Potencial a Erosão; *SE* = Susceptibilidade a Erosão; *EI* = Índice de Erosividade; *CVUT* = Cobertura Vegetal e Uso da Terra.

Posteriormente, os valores obtidos foram submetidos a intervalos pré-determinados, distribuídos de 1 a 3, com margem de 0,4 pontos entre as classes. A determinação dos intervalos das classes de Risco Potencial à Erosão baseou-se em Crepani *et al.* (2000), sendo estabelecidas 5 classes: Muito Baixo, Baixo, Médio, Forte, Muito Forte (tabela 4).

A terceira etapa do trabalho consistiu basicamente na análise e discussão dos resultados obtidos para cada atributo identificado separadamente e a apresentação da síntese das informações na forma da carta de classes de Risco Potencial à Erosão dos Solos do município de Marialva - PR.

**Tabela 4 - Classes de Risco Potencial a Erosão e os intervalos de classe.**

<b>Classes</b>	<b>Intervalo</b>
Muito Baixo	1,0 – 1,4
Baixo	1,4 – 1,8
Médio	1,8 – 2,2
Forte	2,2 – 2,6
Muito Forte	2,6 – 3,0

As cartas de distribuição da pluviosidade média anual e índice de erosividade média anual foram elaboradas no *Software Surfer 9*. As cartas de declividade e cobertura vegetal e uso da terra foram elaboradas no *Software*

*Envi 4.3.* Para essa última, foram utilizadas imagens de satélite LandSat 5 (bandas: 3B, 4G e 5R), distribuídas gratuitamente via *site* do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), classificadas utilizando o método MAXVER (Máxima Verossimilhança). As cartas de hipsometria, tipos de solo, classes de suscetibilidade e risco potencial à erosão foram elaboradas no *Software Global Mapper 11*.

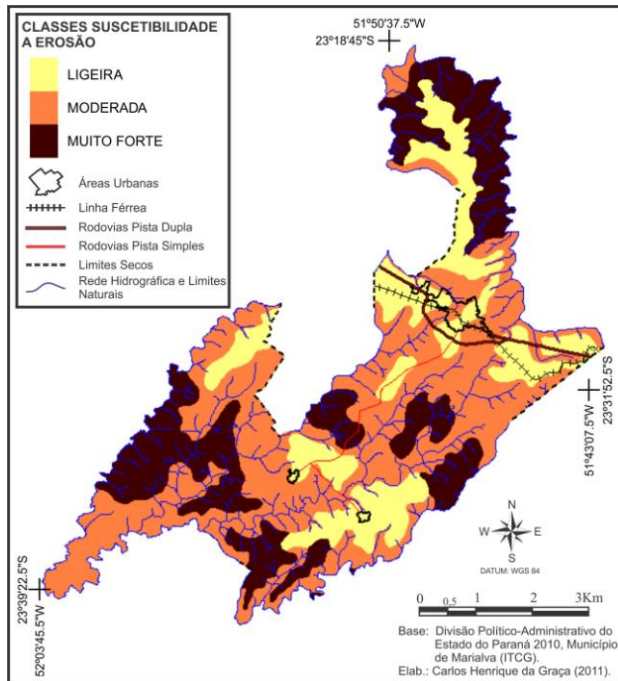
## Resultados e Discussão

A classe de suscetibilidade à erosão Moderada é a mais representativa no município, ocupando 244,7 km<sup>2</sup> ou 51,5% de sua área total. Essa classe caracteriza-se pela ocorrência do Nitossolo Vermelho Eutroférico típico textura argilosa, sobre relevo suave ondulado (3 – 8%) e ondulado (8 – 20%). Sua distribuição é bem homogênea e mais representativa da porção central em direção ao extremo sul do município (Figura 6). As principais limitações dessa classe estão relacionadas à ocorrência do Nitossolo sobre declividades mais acentuadas que proporcionam uma intensificação maior no escoamento superficial da água das chuvas.

A classe de suscetibilidade à erosão Muito Forte é, principalmente, representada pela ocorrência do Neossolo Litólico Eutrófico textura argilosa, que geralmente está associado aos relevos com declividades mais acentuadas, acima de 20%. Essa classe ocupa 133,93 km<sup>2</sup> ou 28,2% da área total do município, sendo mais representativa nas porções norte e sudoeste, porém foram identificadas algumas manchas significativas, também, na porção central e sul do município (Figura 6). No geral, os Neossolos Litólicos são, por definição, solos que apresentam reduzida profundidade efetiva e ocorrem em relevos mais dissecados com comprimento de rampa bem reduzido, onde predomina a morfogênese sobre a pedogênese, portanto, muito susceptíveis à ação das chuvas.

A classe de suscetibilidade à erosão Ligeira é caracterizada, especificamente, pela ocorrência do Latossolo Vermelho Distroférico típico textura argilosa, sobre relevo com declividades menores que 8%. Essa classe é a com menor representatividade no município, correspondendo a apenas 96,44 km<sup>2</sup> ou 20,3% de sua área total, sendo encontrada na porção centro-norte e sudeste (Figura 6), estando sempre associada aos topos de interflúvios. Os Latossolos, geralmente, são bem resistentes à erosão hídrica, devido às suas boas características físicas e condições do relevo plano a suave ondulado onde são encontrados. No entanto, quando submetidos a cultivos intensivos, com aração ou sucessivas gradagens, sofrem compactação subsuperficial, o que aumenta consideravelmente sua suscetibilidade à erosão, devido diminuição das taxas de infiltração e subsequente concentração e escoamento das águas

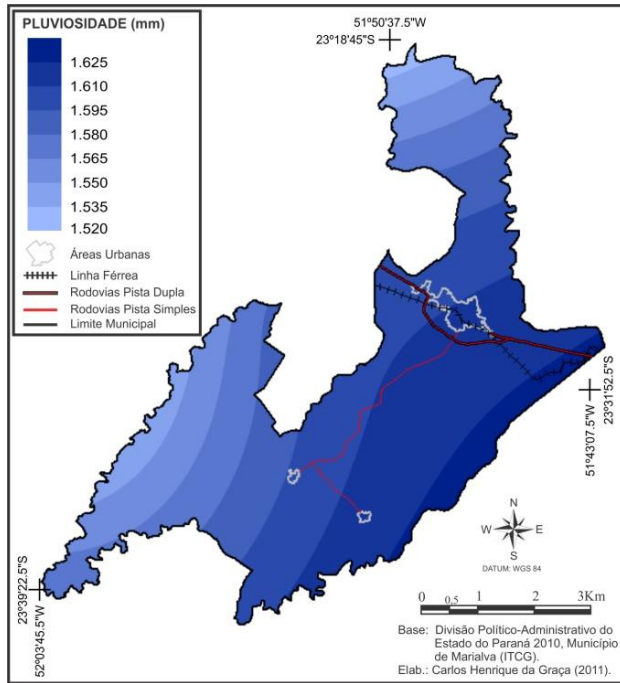
pluviais em superfície. Em condições de manejo inadequado, podem também desenvolver ravinas e pequenas voçorocas.



**Figura 6** - Distribuição das classes suscetibilidade à erosão hídrica dos solos no município de Marialva – PR.

Ainda que cada tipo de solo apresente diferentes graus de suscetibilidade natural à erosão hídrica, esse processo está sujeito a maior potencialização dependendo da intensidade e do ritmo pluviométrico, aos quais os solos estão expostos. Nesse sentido, a distribuição pluviométrica média anual contribuiu para o entendimento da relação erodibilidade/erosividade.

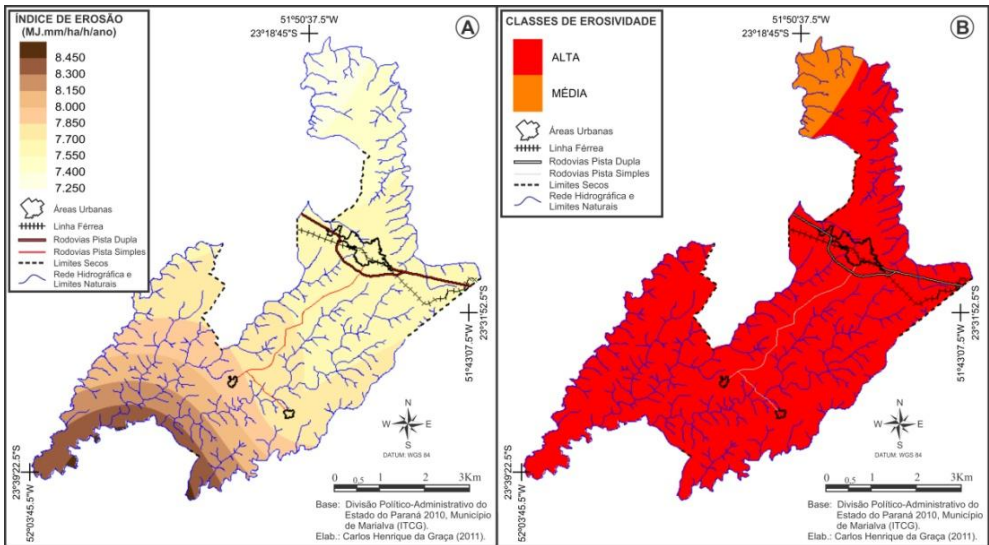
No município de Marialva, a distribuição média anual das chuvas apresentou-se de forma bastante heterogênea, com uma média pluviométrica anual de 1.580 mm e amplitude de 100 mm. O panorama das chuvas no município mostrou que a orografia exerce controle em sua distribuição, sendo encontrados os maiores valores pluviométricos anuais, superiores a 1.610 mm sobre as áreas com o relevo mais elevado (Figura 7).



**Figura 7 - Distribuição da pluviosidade média anual no município de Marialva - PR.**

O comportamento pluviométrico colaborou no entendimento da distribuição dos índices de erosividade das chuvas no município, que, de modo geral, apresentaram-se elevados, com uma média anual de 7.768,49 MJ.mm/ha/h/ano, concordando com os valores encontrados por Rufino *et al.* (1993) para a região. Ao analisar a distribuição das linhas isoerosivas no município, pode-se observar um comportamento bem distinto entre os extremos sul e norte, ou seja, quanto mais ao sul maiores foram os índices de erosividade médio anual, apresentando valores superiores a 8.450 MJ.mm/ha/h/ano (Figura 8 - A). Os valores mais elevados estão diretamente associados com a distribuição da pluviosidade média anual, que também apresentou valores mais elevados entre as porções sul e centro-leste do município (Figura 8 - A). A porção norte apresentou os menores valores de pluviosidade média anual culminando com a redução, de forma gradativa, dos valores do índice de erosividade médio anual, que chegou a aproximadamente 7.250 MJ.mm/ha/h/ano. No entanto, a maior parte do município, necessariamente, na área mais central, apresentou índice de erosividade média anual entre 7.550 e 7.850 MJ.mm/ha/h/ano (Figura 8 - A).

Os valores definidos pela interpolação e espacialização das linhas isoerosivas contribuíram na identificação empírica das classes de erosividade no qual o município está submetido. Assim, essa classificação apontou que Marialva se enquadra apenas entre dois intervalos de classes: a Média e a Alta. A classe de erosividade Alta é predominantemente mais expressiva no município, abrangendo uma área total de 449,45 km<sup>2</sup> ou 94,6%. A classe de erosividade Média corresponde a uma pequena parcela do município, com 25,67 km<sup>2</sup> ou 5,4%, sendo identificada apenas em seu extremo norte (Figura 8 - B).



**Figura 4 – Índice de erosão A); Classes de erosividade B) do município de Marialva – PR.**

O tipo de uso mais representativo no município são as lavouras temporárias que correspondem a 74,1% ou 351,81 km<sup>2</sup> de sua área total (Figura 9). As lavouras temporárias oferecem um baixo grau de proteção aos solos em relação à ação erosiva das chuvas, mesmo quando utilizadas algumas práticas conservacionistas, como o plantio direto e curvas de nível, devido a sua forma de cobertura e período em que permanecem sobre o solo, ou seja, essas culturas geralmente deixam o solo exposto por alguns meses, especialmente, durante a época da semeadura, início do desenvolvimento da planta e na pós-colheita. No caso da cana-de-açúcar, o solo fica até mais exposto, devido às queimadas nos canaviais durante a colheita. As queimadas além das folhas eliminam toda a camada de matéria orgânica sobre o solo que é importante para diminuir os impactos da chuva.

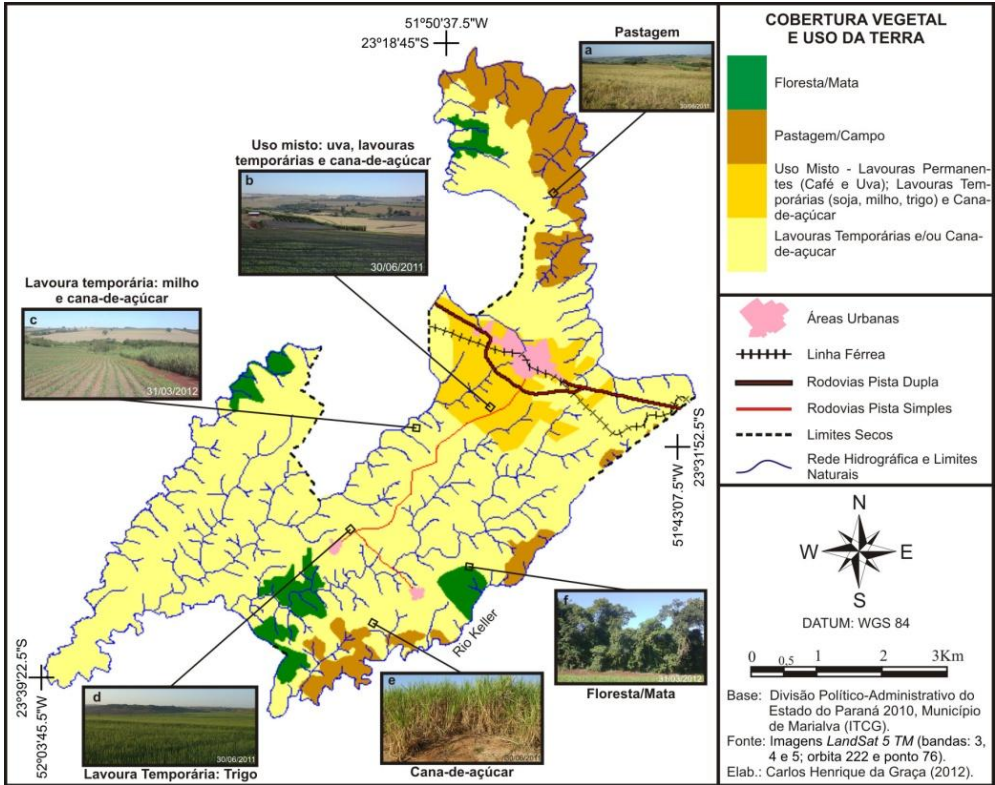
As pastagens ocupam uma parcela significativa do município, representando 11,3% ou 53,81 km<sup>2</sup> de sua área total. Sua distribuição é mais expressiva na porção norte, mas também ocorre em pequenas manchas próximas a calha do rio Keller no sudoeste do município (Figura 9). A pastagem apresenta um grau mediano de proteção à erosão, devido a sua pouca movimentação nos horizontes superficiais dos solos, tipo de cobertura foliar mais densa e às formas entrelaçadas das raízes que vão proporcionar mais estabilidade à estrutura dos solos e proteção contra o impacto direto das chuvas. No entanto, dependendo do manejo, pecuária intensiva ou rotativa, pode-se encontrar com mais frequência sulcos erosivos, principalmente pela canalização do fluxo superficial das enxurradas gerado pelo pisoteio do gado. Segundo Primavesi (1988), o pastoreio dos animais destrói a relva, especialmente quando o solo está úmido, dando à chuva a possibilidade de cair e escoar em solo desnudo.

Com uma área menor, mas muito significativa, quanto à economia, o uso da terra misto situa-se na porção onde encontra maior diversificação nos cultivos agrícolas no município, sendo representado por mosaicos de pequenas propriedades com lavouras permanentes (uva e café) entre o plantio de lavouras temporárias (Figura 9). Esse tipo de uso concentra-se próximo ao perímetro urbano de Marialva, mais especificamente, na porção centro-oeste do município e corresponde a 37,2 km<sup>2</sup> ou 7,8% de sua área total. O uso misto apresenta um grau intermediário entre o Médio e Alto em relação à proteção que exerce ao solo. As principais culturas (uva e café) enquadradas nessa classe de uso, ainda que estejam relacionadas aos cultivos permanentes, são passíveis de desenvolver erosão laminar, devido ao seu modo de plantio e cobertura que podem deixar o solo desprotegido durante alguns meses do ano.

As florestas densas ou matas aparecem em menor proporção, sendo distribuídas em formas de pequenas manchas isoladas dentro do município, são mais evidentes nas porções sul e sudeste, mas também ocorrem ao norte e oeste (Figura 9). Essa cobertura vegetal natural, embora seja muito significativa no equilíbrio da dinâmica natural das feições do relevo e na redução da perda de solo como proteção contra ação erosiva das chuvas, são pouco expressivas quanto à preservação, correspondendo a apenas 25,76 km<sup>2</sup> ou 5,4% da área total do município.

As áreas urbanas ocupam a menor parcela do território do município, abrangendo 1,4% ou 6,53 km<sup>2</sup> de sua área total (Figura 9). Contudo, não são menos importantes quanto aos cuidados na prevenção dos processos erosivos, já que a infraestrutura urbana exerce a impermeabilização do solo e, com isso, uma maior intensidade e concentração do escoamento superficial das águas das chuvas. Os maiores impactos ocorrem nos fundos de vale onde a canalização

das encurradas causa processos erosivos que vão de sulcos superficiais a voçorocas.



**Figura 9** - Cobertura Vegetal e Uso da Terra no município de Marialva – PR.

### Análise e distribuição das classes de risco potencial a erosão

Os resultados obtidos na correlação das variáveis mapeadas anteriormente mostram a predominância e homogeneidade da classe de risco potencial à erosão Forte no município, que cobre 261,9 km<sup>2</sup> ou 55,1% de sua área total (Figura 10). Essa classe encontra-se caracterizada pela ocorrência de Alto índice de erosividade, com suscetibilidade à erosão entre Moderada e Muito Forte, em relevos mais dissecados (ondulado e forte ondulado) e sobre solos mais vulneráveis, como o Nitossolo Vermelho e/ou Neossolo Litólico. O diferencial para essa classe foi a ocorrência do uso da terra variado, que trouxe um maior equilíbrio para classificação devido à presença das pastagens,



principalmente sobre as áreas onde se encontra o Neossolo Litólico, que proporcionam uma maior estabilidade a esse solo em relação às culturas temporárias. Todavia, prevalece o cultivo de lavouras temporárias, que oferecem menor proteção ao solo.

As lavouras mais adequadas para essa classe são as que apresentam uma maior cobertura foliar sobre o solo e ciclos mais longos, que evitam os impactos diretos das gotas de chuva que desagregam as partículas do solo, facilitando o seu transporte. No entanto, não se pode descartar também o cultivo de lavouras com ciclos curtos, como as lavouras temporárias, desde que sejam feitos acompanhamentos periódicos de processos erosivos, especialmente entre os intervalos de colheita e plantio, que é o período em que o solo fica mais exposto.

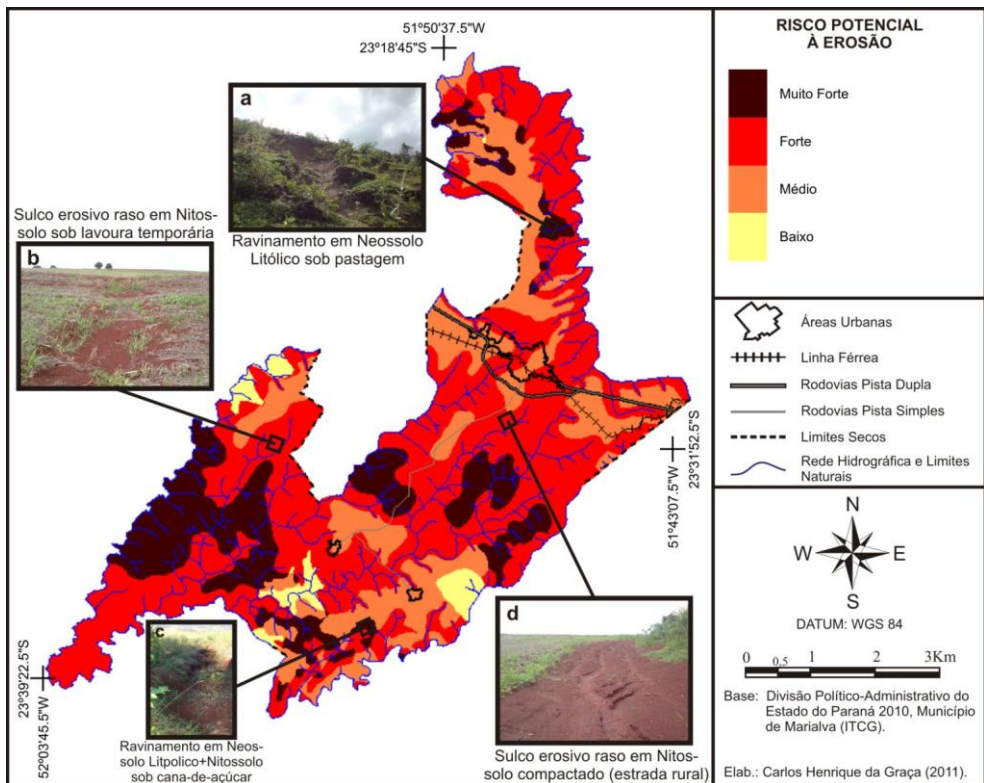
A classe de risco potencial à erosão Média também é representativa no município, sendo mais significativa na porção centro-norte e sudeste, embora também ocorra em forma de manchas menores na porção central e oeste. Sua ocorrência abrange 114,35 km<sup>2</sup> ou 24,1% da área total do município (Figura 10). Essa classe é caracterizada pela presença de uma menor suscetibilidade à erosão dos solos, sendo considerada Ligeira, que é representativa de relevos mais suavizados e solos mais profundos como o Latossolo Vermelho distroférrico. Foi essa variável que trouxe maior equilíbrio à classe de risco potencial à erosão, já que as outras variáveis relacionadas, como índice de erosividade das chuvas - oscilou de Alto a Médio dependendo do seu local de ocorrência; e uso da terra predominantemente de lavouras temporárias e em menor proporção ocorre o uso misto que apresentam baixo grau de proteção ao solo.

A principal preocupação quanto a essa classe é a compactação por maquinários agrícolas e a perda dos horizontes superficiais do solo ocasionada por chuvas mais intensas e, conseqüentemente, o transporte em massa dos solos juntamente com seus principais nutrientes. Embora represente uma grande área dentro do município, nessa classe não foram encontrados focos erosivos significativos, restringindo-se a apenas algumas cicatrizes erosivas, que se não forem controladas podem desenvolver sulcos e focos erosivos cada vez mais profundos. O uso dessas áreas na agricultura não apresenta restrições, desde que sejam feitos monitoramentos contínuos para evitar a formação de processos erosivos.

A classe de risco potencial à erosão Muito Forte cobre uma área bem significativa no município, com 83,17 km<sup>2</sup> ou 17,5% da área total. Sua área de ocorrência é mais representativa na porção sudoeste do município, mas também se faz muito presente em alguns pontos na porção central e sul (Figura 10). Essa área é bem representativa quanto às características do relevo e solo, sendo

abrangida quase que em sua totalidade pela classe de suscetibilidade à erosão Muito Forte, onde predominam relevos muito dissecados, vertentes com comprimento de rampa reduzidos e solos rasos, como o Neossolo Litólico. Conjugada a essas características, há uma grande influência do Alto índice de erosividade e do uso da terra, que atualmente é cultivado com lavouras temporárias, as quais não oferecem muita proteção ao solo quanto ao impacto das chuvas.

Em alguns locais, ainda dentro da área de ocorrência da classe Muito Forte, foram encontrados focos erosivos bem significativos, principalmente onde ocorre o plantio de cana-de-açúcar. Em muitos casos, alguns sulcos erosivos são superficiais e rasos, chegando a no máximo 50 cm de profundidade, em outros são bem evoluídos e profundos, ultrapassando 1 m de profundidade e expondo a rocha matriz (Figura 10). O uso mais adequado para as áreas dentro dessa classe é a pastagem ou reflorestamento, porque, ambos podem dar mais estabilidade e incumbir uma maior proteção ao solo.



**Figura 10** - Distribuição e classificação do risco potencial a erosão dos solos no município de Marialva – PR.

A classe de risco potencial à erosão Baixa é pouco representativa no município quando comparada às outras classes, ocupando apenas 15,7 km<sup>2</sup> ou 3,3% da área total (Figura 10). Entretanto, é muito significativa por ser mais evidente a presença de áreas ainda preservadas com vegetação densa. O fator cobertura vegetal e/ou uso da terra foi determinante para obtenção da classificação Baixa para essas áreas, principalmente, pela proteção que a vegetação densa oferece aos solos, proporcionando a redução da ação erosiva das chuvas sobre o solo. Nessa classe, além da cobertura vegetal densa, a presença da suscetibilidade à erosão do solo Ligeiro foi muito importante, especialmente por apresentar características menos favoráveis ao desenvolvimento de erosões, como relevos mais suavizados e solos profundos (Latosolo Vermelho). Essas áreas, por serem preservadas com vegetação densa ou reflorestadas, não devem ser utilizadas para outros tipos de uso, já que sua utilização implicaria na retirada dessa cobertura vegetal, o que não é recomendado.

### **Considerações finais**

Pode-se concluir que no município de Marialva ocorrem diferentes classes de risco potencial à erosão, dentre as quais, predominou a classe Forte, que cobre 261,9 km<sup>2</sup> ou 55,1% de sua área total, sendo seguida pela classe Média, com uma área de 114,35 km<sup>2</sup> ou 24,1% do município, ambas somando mais de 79% da sua área total. A classe de risco potencial à erosão Muito Forte correspondeu a 83,17 km<sup>2</sup> ou 17,5% da área total do município. Já a classe Baixa correspondeu à menor porção do município, representando apenas 15,7 km<sup>2</sup> ou 3,3% de sua área total.

De modo geral, este estudo permitiu obter uma boa resposta da correlação de informações para a identificação de áreas com maior risco potencial à erosão no município de Marialva. As áreas que foram classificadas com risco potencial à erosão Forte e Muito Forte corresponderam bem em campo aos locais onde ocorrem processos erosivos mais frequentes, solos rasos e usos inadequados.

Portanto, muito do que foi levantado e discutido pode auxiliar no melhor aproveitamento de áreas cultiváveis e, sobretudo, repensar a utilização de áreas mais vulneráveis a processos erosivos, evitando, assim, perdas significativas de solo por processos erosivos.

## Referências

- BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 5ª Ed., São Paulo: Ícone. 2005. 355p.
- BIGARELLA, J. J., MAZUCHOWSKY, J. Z. **Visão Integrada da Problemática da Erosão**. Curitiba: ADEA, ABGE. 1985. 332p.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR. 2000. CD ROM...
- CREPANI, E., MEDEIROS, J. S., AZEVEDO, L. G., DUARTE, V., HERNANDEZ, P., FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1996.
- CREPANI, E., MEDEIROS, J. S. DE, HERNANDEZ FILHO, P., FLORENZANO, T. G., DUARTE, V., BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1988. 68p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos: EMBRAPA - Solos e Florestas, 2007. 95p. ISSN 1517-2627.
- GUERRA, A. J. T. **Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content**. 1991. 441f. Tese (Doutorado em Geografia): Universidade de Londres, Londres. 1991.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. *In*: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S., BOTTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 6ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil. 2010. pp.17 - 50.
- GOUDIE, A. **The Encyclopedic Dictionary of Physical Geography**. Basil Blackwell Ltd. Oxford. Inglaterra. 1985. 528p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Histórico do Município de Marialva**. 2008. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 5 de julho de 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>>.

Acesso em: 8 de julho de 2011.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL (IPARDES, 2011). **Caderno Estatístico Município de Marialva**. Disponível em:

<<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=86990&btOk=ok>>

. Acesso em: 8 de julho de 2011.

KÖPPEN, W. Climatologia: Com um estudio de los climas de latierra. *In*: IAPAR. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**. Londrina. 1948. 41p.

LAGO, J. C. **Erosividade das chuvas na metade Sul do Rio Grande do Sul**. 2000. 138f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2000.

LARIOS, M. B. **Erodibilidade e Erosividade**. 2007. Disponível em:

<[http://www.drenagem.ufjf.br/06erosao\\_09\\_erodibilidade\\_e\\_erosividade.htm](http://www.drenagem.ufjf.br/06erosao_09_erodibilidade_e_erosividade.htm)>.

Acesso em: 28 de julho de 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2ª Ed. 2010. 216p.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Erodibilidade de solos Paulistas. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas: **Boletim técnico**, 28. 1975. 12p.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Clichês. 1968. 350p.

MINERAIS DO PARANÁ (MINEROPAR). **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba. 2001. 125p. CD ROM...

MORO, D. A. O êxodo rural e o crescimento populacional da cidade de Maringá no período de 1970 a 1980. **Boletim de Geografia (UEM)**, Maringá, v.6, n.1, pp. 19 – 31. 1988.

PARANÁ. **Atlas do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. 1987. 73 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIALVA. **História de Marialva**. Disponível em < [http://www.marialva.pr.gov.br/historia\\_.php](http://www.marialva.pr.gov.br/historia_.php)>. Acesso em 6 de julho de 2011.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico dos solos em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel. 1988. 549p.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17. pp. 439 - 444. 1993.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 6ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil. 2010. p. 229 - 265.

SANTOS, L. J. C.; FIORI, C. O.; CANALI, N. E. ; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7. pp. 3-12. 2006.

ZACHAR, D. **Soil Erosion**. Developments in Soil Science 10. Elsevier Scientific Publishing Company, Czechoslovakia. 1982. 547p.

---

#### Carlos Henrique da Graça

Mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá.  
Avenida Colombo, 5790 – Bloco H12 sala 18  
Jardim Universitário, CEP: 87020-900, Maringá, PR - Brasil  
E-mail: henriquechg@gmail.com

#### Hélio Silveira

Doutor em Geociências e Meio Ambiente e Mestre em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.  
Atualmente é professor da Universidade Estadual de Maringá.  
Universidade Estadual de Maringá.  
Avenida Colombo, 5790 – Bloco J12  
Jardim Universitário, CEP: 87020-900, Maringá, PR - Brasil  
E-mail: hesilveira70@hotmail.com

#### Paulo Miguel de Bodas Terassi

Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá.  
Avenida Colombo, 5790 – Bloco H12 sala 18  
Jardim Universitário, CEP: 87020-900, Maringá, PR - Brasil  
E-mail: pmbterassi@gmail.com

---

Recebido para publicação em junho de 2013  
Aprovado para publicação em dezembro de 2013