

Figura 9: Modelo Digital do Terreno gerado pelo módulo de interpolação Topogrid

3.1.2. Obtenção do Fator L

A capacidade de remoção, transporte e sedimentação das partículas do solo pelo escoamento superficial está estreitamente ligada ao comprimento de rampa. O Fator L pode ser caracterizado como sendo a distância do ponto do caimento da água até o ponto em que ela decresce, delimitando o início de uma sedimentação, podendo ser uma ruptura de vertente junto aos vales ou o encontro com um canal definido (Wischmeier & Smith, 1978).

Originalmente, o comprimento de rampa foi obtido por métodos manuais (Griffin, *et al.* 1988), porém, com o advento dos Sistemas de Informação Geográfica pode ser extraído pelo atributo área de contribuição proveniente do MDT (Moore & Burch, 1986). Desmet & Govers (1996) aprimoraram a aquisição do fator L (Equação 2) ajustando a área de contribuição na equação de Foster & Wischmeier (1974):

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

Onde:

L_{ij} : fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas (i,j);

A_{ij-in} : área de contribuição da célula em coordenadas (i,j) (m²);

D: é o tamanho da célula;

x: é o coeficiente função do aspecto para grade de célula em coordenadas (i,j);

m: é o coeficiente função da declividade para grade de célula com coordenada (i,j).

A área de contribuição pode ser obtida por diferentes algoritmos, destacando-se os métodos: (a) D8 (O'calaghan & Mark, 1984); e (b) D ∞ (Tarboton, 1997).

O método D8 (*uniflow*) distribui o fluxo de água de forma direcional e única para uma das oito direções preferenciais de uma janela de dimensões 3x3 células, considerando a maior declividade entre a célula central e as oito células circunvizinhas. Esse modelo não permite simular fluxo divergente e apresenta sempre direções que são múltiplos de 45 graus (Holmgren, 1994).

O método D ∞ (*biflow*) considera as direções múltiplas do fluxo e calcula sua direção considerando o maior decaimento do terreno em um contínuo entre 0 e 2π . O cálculo da direção de fluxo utiliza oito facetas triangulares em uma janela móvel 3x3 células. Portanto, a maior declividade e a distribuição do fluxo são calculadas de forma proporcional entre as células presentes em uma determinada faceta, no caso de uma área plana sem a presença de fluxo a jusante é assinalado um valor de direção de fluxo igual a -1. Assim a direção de fluxo

é forçada para um vizinho de igual elevação que possui uma direção resolvida (Tarboton, 1997).

Para obter o fator LS conforme Desmet & Govers (1996), foi desenvolvido por Carvalho Júnior & Guimarães (2003) um programa em AML (ARCINFO Macro Language) que utiliza como dado de entrada somente o MDT.

3.1.3. Obtenção do Fator S

Dentre os fatores topográficos, a declividade do terreno (S), Equação 3, é um dos mais importantes por proporcionar a aceleração da água e conseqüentemente o aumento do potencial erosivo. Conforme Wischmeier e Smith (1978) o fator declividade é calculado por meio da seguinte fórmula:

$$S = 0,00654s^2 + 0,0456s + 0,065 \quad 3$$

Onde:

S = fator declividade

s = declividade média da vertente (%)

A partir dos valores de L e S aplica-se a equação de Bertoni e Lombardi Neto (1990) para cálculo do fator LS (Equação 4), correspondente à morfologia das vertentes da bacia:

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times S^{1,12} \quad 4$$

Onde:

L: comprimento de rampa (m)

S: declividade (%)

3.1.4. Elaboração dos Fatores LS

O Fator LS foi gerado utilizando-se as duas metodologias de direção de fluxo: D8 (Figura 10) e D ∞ (Figura 11). A comparação entre os dois métodos apresenta que o método D ∞ permite um melhor detalhamento dos canais fluviais e da direção do fluxo, enquanto que o método D8 apresenta problemas principalmente em áreas planas (Freeman, 1991; Desmet & Govers, 1996; Ramos *et al.*, 2003). Em vista disso, optou-se por utilizar as informações provenientes do D ∞ nas demais etapas de processamento.

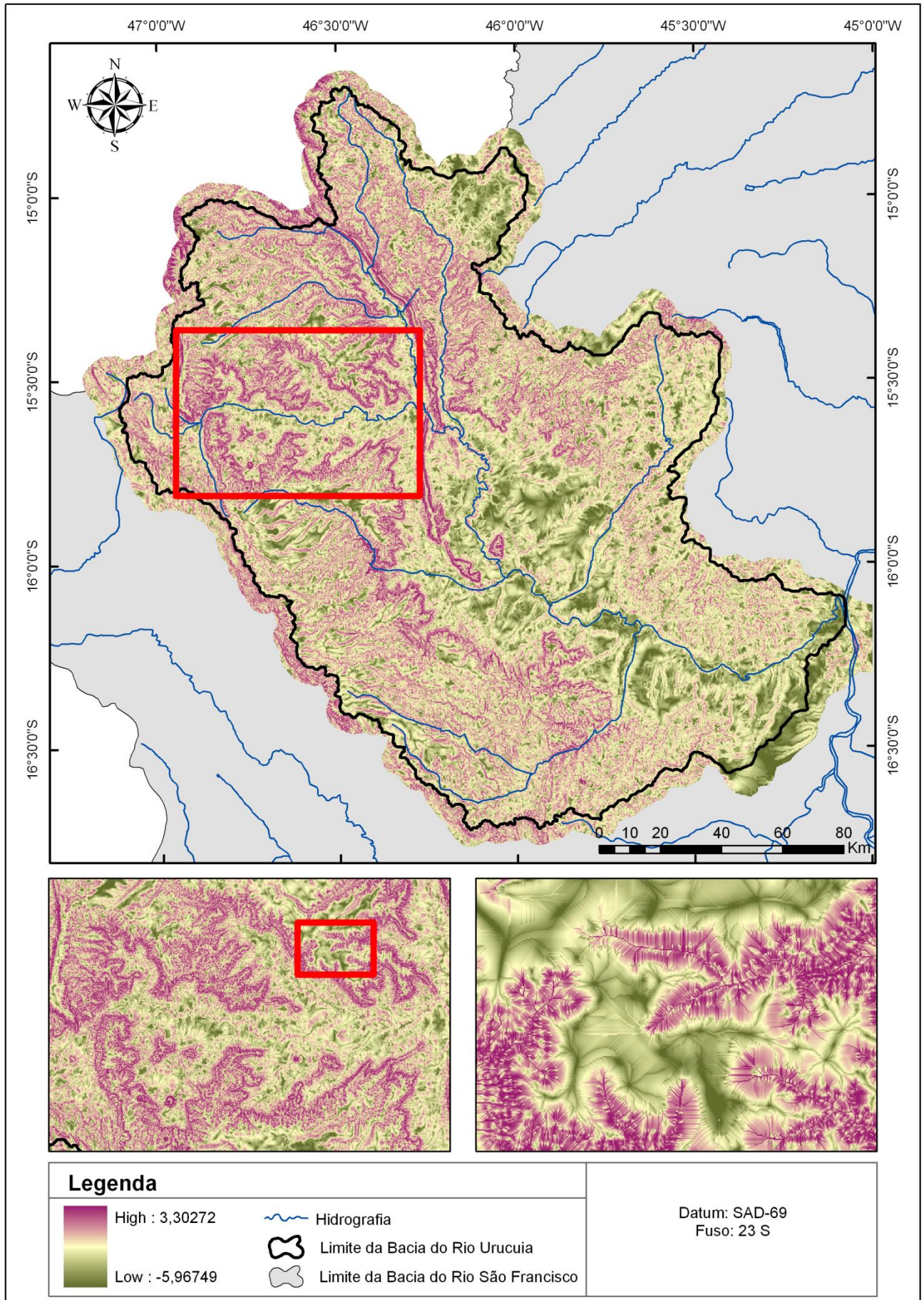


Figura 10: Mapa dos Fatores L e S gerado pelo algoritmo D8

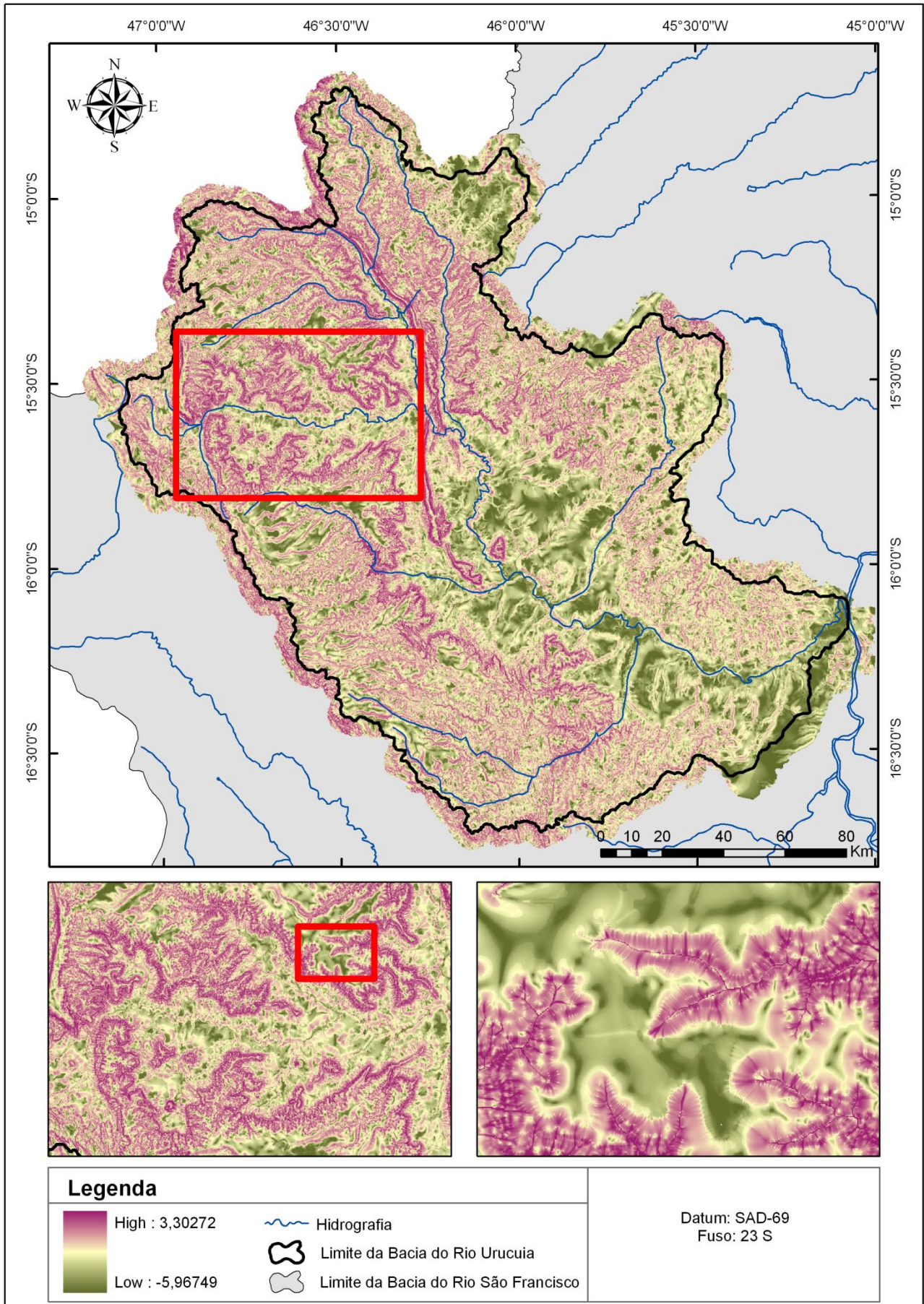


Figura 11: Mapa dos Fatores L e S gerado pelo algoritmo D_{∞}

3.2. FATOR R (EROSIVIDADE)

O desprendimento ou desagregação das partículas do solo ocorre, principalmente, pelo efeito integrado da energia de impacto das gotas de chuva e da força cisalhante do escoamento superficial constituindo, assim, o estágio inicial e mais importante do processo da erosão hídrica. O arraste, ou transporte das partículas, é feito pelo escoamento superficial da água. O estágio final do processo, a deposição das partículas, normalmente nos corpos de água, resultada no assoreamento dos leitos dos rios (Panachuki *et al.*, 2006)

O Fator R (MJ.mm/ha.h.ano) corresponde à capacidade erosiva da chuva em contato direto com o solo. Este fator depende das características físicas das chuvas, tais como: intensidade, duração, distribuição e tamanho das gotas (Wischmeier e Smith, 1978).

Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) propõem para o município de Campinas-SP o Índice de Erosividade (EI) (Equação 5) baseado nas médias anual e mensal de uma determinada estação pluviométrica. Tal equação foi adaptada da equação original de Wischmeier & Smith (1958), os quais determinam o EI30, índice que trata a capacidade erosiva da chuva num intervalo de 30 minutos.

$$EI = 67,355(r^2/p)^{0,85} \quad 5$$

Onde:

r: média do total mensal de precipitação em mm, e

p: média do total anual de precipitação em mm.

Conhecendo-se o Índice de Erosividade para cada estação pluviométrica aplica-se o cálculo do Fator R (Equação 6) pela equação de Wischmeier & Smith (1978):

$$R = \sum_{J=1}^{12} EI \quad 6$$

Onde:

R: Fator erosividade da chuva

EI: Energia cinética da chuva

Segundo Wischmeier & Smith (1978), para que se obtenha êxito no cálculo do Fator R faz-se necessário uma análise temporal que englobe um período de 10 a 20 anos. No presente trabalho foi utilizada uma série histórica de 20 anos (de 1987 a 2007), considerando as estações com séries completas localizadas dentro e nas proximidades da bacia.

O número e distribuição das estações pluviométricas devem ser compatíveis ao tamanho da área de estudo. Farinasso *et al.* (2006) utilizaram em sua pesquisa 52 estações pluviométricas para uma área de 133.571 km², o que corresponde a aproximadamente uma estação pluviométrica para cada 2.570 km².

Na Bacia do Rio Urucuia existem vinte e três estações pluviométricas distribuídas dentro da bacia e em suas zonas limítrofes. Todavia, para esta pesquisa foram utilizadas dezessete estações que tinham a disponibilidade e consistência dos dados bem como uma boa distribuição espacial (Tabela 1 e Figura 14). Tais números conferem uma distribuição de 1 estação pluviométrica para cada 1.470 km².

Conforme a Tabela 1 e a Figura 12 observa-se que, de modo geral, as médias anuais ficam em torno de 990 a 1.414 mm. A estação Formosa localizada fora do limite da Bacia do Rio Urucuia possui a maior média anual, o que ocorre devido à existência de intensas chuvas orográficas provocadas pelas cristas de Unaí. Pelo mesmo motivo tem-se elevada taxa anual pluviométrica na estação Sítio D'Abadia, também localizada fora da bacia e próximo a um conjunto de serras que se configuram como elemento propulsor das chuvas orográficas.

Em contrapartida a menor taxa anual foi encontrada na estação Miravânia, na porção leste da bacia, dentro da Bacia do Rio Carinhanha.

O Fator Erosividade da chuva (R) foi dividido em quatro classes: (a) 6.600-7000 MJ.mm/ha.h.ano, encontrada na planície sudeste da bacia; (b) 7100-7300 MJ.mm/ha.h.ano; (c) 7400-7800 MJ.mm/ha.h.ano; e (d) 7900-8200 MJ.mm/ha.h.ano situado no oeste da bacia (Figura 14).

Tabela 1: Dados pluviométricos utilizados para a análise do Fator R

ESTAÇÃO	COORDENADAS	MUNICÍPIO	ESTADO	MA	R
Sítio D'Abadia	14°48'14"S e 46°15'12"W	Sítio D'Abadia	GO	1217,6	7135,0
Serra das Araras	15°30'08"S e 45°23'24"W	Chapada Gaúcha	MG	1149,79	7308,4
Arinos (Montante)	15°55'28"S e 46°06'35"W	Arinos	MG	1137,3	7685,5
Cabeceiras	15°48'03"S e 46°55'29"W	Cabeceiras	GO	1300,0	7816,5
Fazenda Carvalho	15°31'18"S e 46°16'59"W	Buritis	MG	1165,4	7617,6
Fazenda Conceição	16°25'43"S e 45°44'32"W	Riachinho	MG	1122,3	7295,4
São Romão	16°22'18"S e 45°04'58"W	São Romão	MG	1027,9	6744,0
Vila Urucua	16°18'01"S e 45°44'32"W	Riachinho	MG	1043,2	6629,8
Fazenda Limeira	16°12'22"S e 47°13'29"W	Cabeceira Grande	MG	1089,4	9377,3
Fazenda O resfriado	16°30'42"S e 46°39'44"W	Unai	MG	1060,2	8435,9
Formosa	15°31'56"S e 47°20'34"W	Formosa	GO	1414,1	8073,1
Porto dos Poções	16°49'45"S e 46°19'22"W	Dom Bosco	MG	1139,2	7178,2
Rio Preto	15°47'56"S e 47°27'04"W	Brasília	DF	1212,1	7566,5
Buritis Jusante	15°36'58"S e 46°24'49"W	Buritis	MG	1255,2	7459,98
Gaúchos	15°17'42"S e 45°37'36"W	Formoso	MG	1242,4	7351,73
Cajueiro	14°50'10"S e 45°10'24"W	Bonito de Minas	MG	1140,3	7114,20
Miravânia	15°36'58"S e 46°24'49"W	Miravânia	MG	990,8	5844,58

MA: Média Anual; R: Fator Erosividade

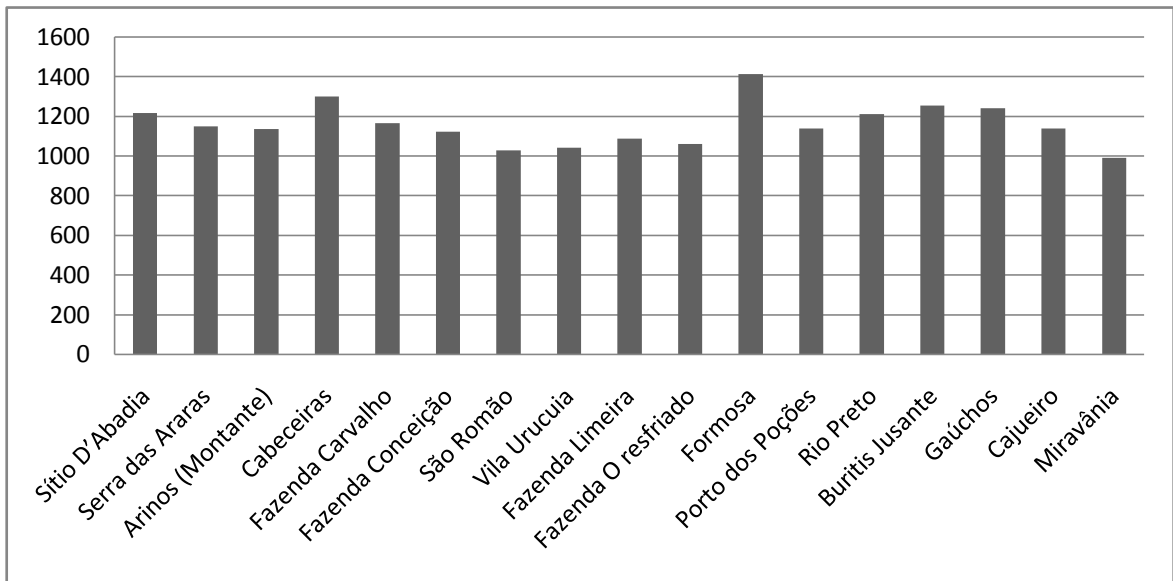


Figura 12: Média Anual do total pluviométrico para as estações trabalhadas

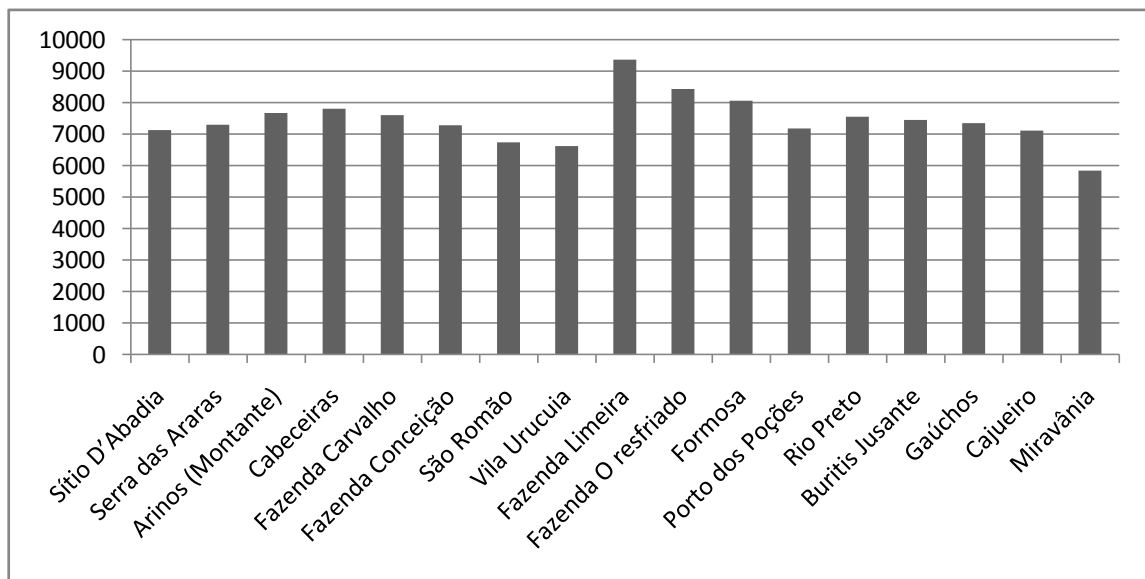


Figura 13: Distribuição do Fator R para as estações trabalhadas

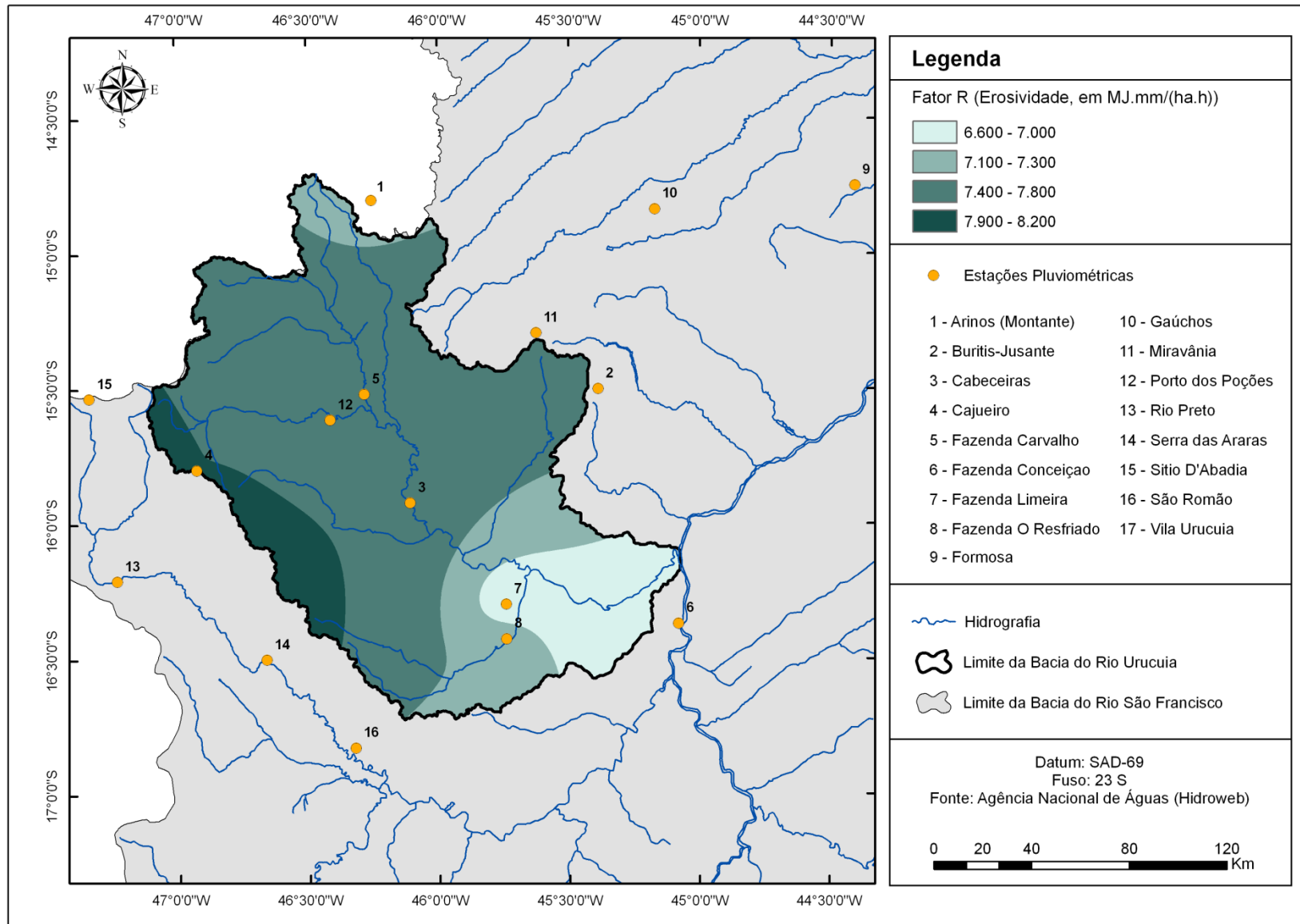


Figura 14: Mapa do Fator R para a Bacia do Rio Urucuia-MG

A partir do cálculo do Fator R, pode-se observar que a bacia apresenta uma amplitude geral de 3.532,72 (Tabela 1 e Figura 13) sendo que valor de R mais elevado é encontrado na estação Fazenda Limeira, na porção sul da bacia, e o mais baixo na estação Miravânia, na porção nordeste, fora de seus limites e dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Carinhanha.

Os valores de MA e R, conforme visto nas Figuras 12 e 13, por vezes apresentam algumas discrepância de dados, isso deve ao fato do cálculo do Fator R levar em consideração não somente a média anual mas também a média mensal, assim, a distribuição das chuvas em cada estação se dá de forma diferenciada ao longo dos meses, isso acarreta em diferente padrão dos gráficos relativos à Média Anual e ao Fator R.

3.3. FATOR K (ERODIBILIDADE)

O Fator Erodibilidade reflete a suscetibilidade à erosão ou a falta de capacidade de resistir aos processos erosivos para um determinado tipo de solo (Wischmeier & Smith, 1978; Vilar & Prandi, 1993). Tal fator depende de vários atributos como: textura, teor de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade (Resende, 1985).

Para a determinação da erodibilidade do solo vários métodos foram elaborados, entre eles destaca-se os de Wischmeier *et al.* (1971), Lombardi Neto & Bertoni, (1975), Denardin (1990) e Chaves (1994).

Nesta pesquisa foi utilizado o estudo feito por Chaves (1994), que desenvolveu uma equação para determinação do Fator K de forma indireta e o aplicou para aferir a erodibilidade para toda a Bacia do Rio São Francisco (Equação 7). Este método leva em consideração a concentração de silte, carbono orgânico, óxido de alumínio, óxido de ferro e óxido de silício.

Através da edição do mapeamento de Chaves (1994) o mapa gerado apresenta-se dividido em classes de interpretação, adaptado de Carvalho (1994), (Tabela 2 e Figura 15).

$$K = 2,47 \times 10^3 (SIL) - 5,23 \times 10^3 (OAL) + \\ + 8,89 \times 10^3 (CO)^2 + 1,15 \times 10^{-2} (OFE)^4 + \\ + 1,42 \times 10^{-4} (OSI + OSI^2) - 1,89 \times 10^{-2} \left[\frac{OSI}{(OFE + OAL)} \right]^2$$

Onde:

SIL = porcentagem de silte no solo;

OAL = porcentagem de óxido de alumínio;

CO = porcentagem de carbono orgânico;

OFE = porcentagem de óxido de ferro;

OSI = porcentagem de óxido de silício, sendo todos os óxidos extraíveis por ácido sulfúrico.

Tabela 2: Classes de interpretação dos valores de K

INTERVALOS DE VALORES DE K <small>$\frac{-1}{\text{ton.ha.h.MJ}}$ $\frac{-1}{\text{ha}}$ $\frac{-1}{\text{mm}}$</small> (ton.ha.h.MJ .ha .mm)	CLASSES DE INTERPRETAÇÃO	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
K < 0,0198	Erodibilidade baixa	4.580,29	18,67
0,0198 < K < 0,040	Erodibilidade média	14.357,45	58,53
K > 0,040	Erodibilidade alta	5.594,26	22,80

Fonte: Carvalho (1994) adaptada.

É importante ressaltar que o método de Chaves leva em consideração apenas as características químicas dos solos o que pode acarretar em alguns erros e/ou dúvidas, a exemplo da atribuição de baixa erodibilidade a solos do tipo Neossolo Quartzarênico, que são altamente erodíveis quando levado em consideração sua textura.

Diante dos dados que se tem disponíveis, então, o resultado apresenta o mapa de erodibilidade (Figura 15), o qual demonstra o seguinte padrão: (a) As altas erodibilidades estão associadas, principalmente aos Neossolos Flúvicos e Cambissolos. Esta classe compreende uma área de 5.594,26 km², equivalendo a aproximadamente 23% da área total da bacia. (b) As médias erodibilidades se concentram, especialmente, sobre os solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, Neossolos Litólicos, Neossolo Regolítico, Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Distrófico. Distribui-se em uma área percentual de 58,53% (14.357,45 km²). (c) As baixas erodibilidades estão nos Neossolos Quartzarênicos profundos, Latossolo Vermelho e Solos Hidromórficos, compreendendo a menor proporção na bacia (4.580,29 km² 18,67%).

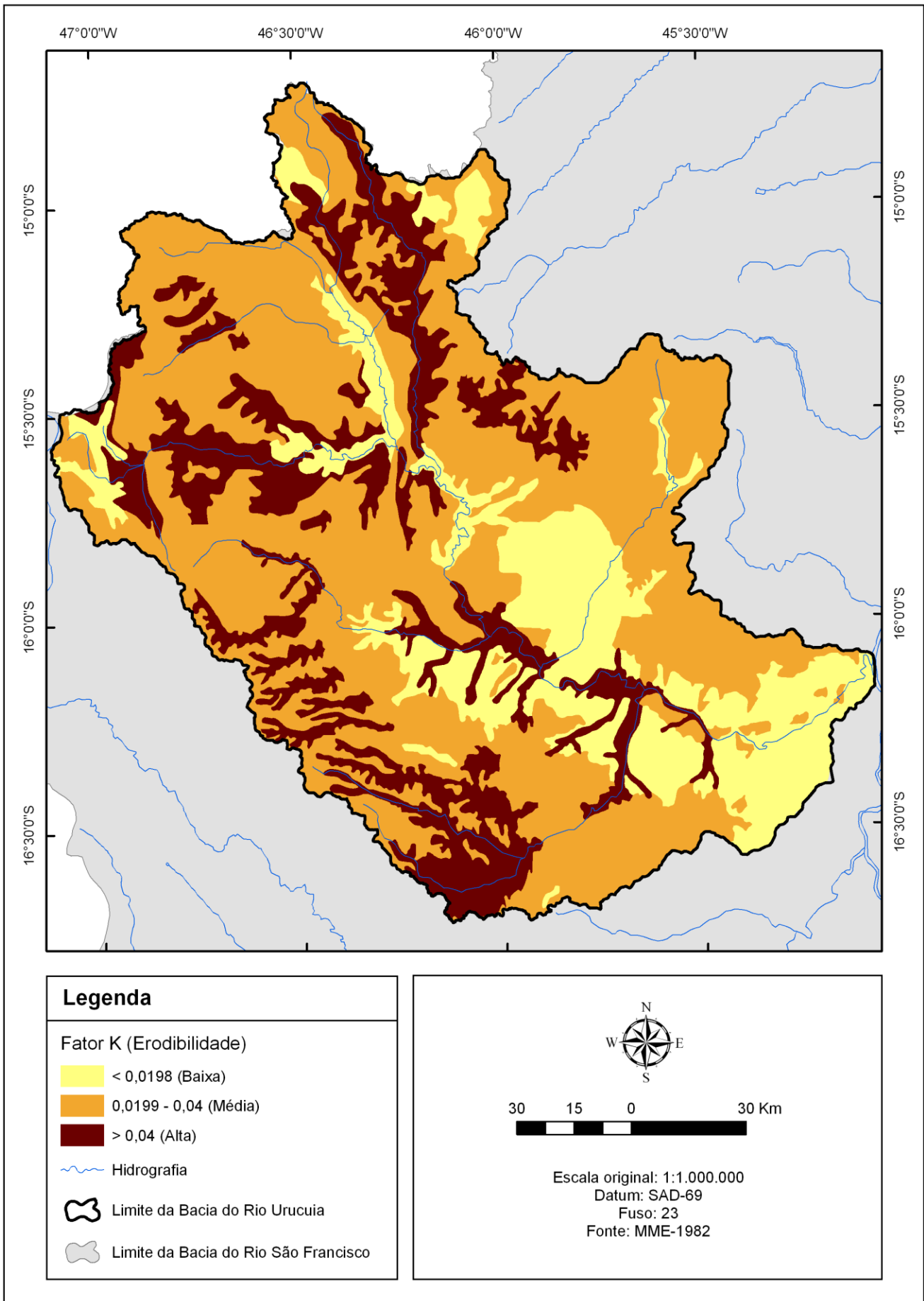


Figura 15: Mapa do Fator K para a Bacia do Rio Uruçuia-MG

3.4. POTENCIAL NATURAL A EROÇÃO

O PNE representa a interação dos principais fatores naturais do meio físico intervenientes no processo de erosão laminar, que corresponde às estimativas de perdas de solo laminar em áreas continuamente destituídas de cobertura vegetal e sem qualquer intervenção conservacionista (Stein *et al.*, 1987).

É um importante método de averiguação dos possíveis impactos ambientais gerados por ação antrópica a saber: agricultura mecanizada, pecuária extensiva e edificação de cidades, os quais são responsáveis por mudanças no padrão de impermeabilização e infiltração de água no solo. Tais mudanças podem gerar significativa alteração no ciclo hidrológico o que, por conseguinte, altera a ação dos processos erosivos de origem hídrica e aumenta a fragilidade ambiental.

O PNE da bacia do Rio Urucuia foi calculado utilizando-se a extensão *Raster Calculator* do Arcgis 9.2 tendo-se como dados de entrada os fatores R, K, L e S da EUPS (Figura 16). O mapa foi classificado em quatro unidades de acordo com Valério Filho (2004) (Tabela 3).

Tabela 3: Classes de interpretação para a perda de solo potencial na Bacia do Rio Urucuia

INTERVALO (t/ha.ano)	CLASSE DE INTERPRETAÇÃO	ÁREA (Km ²)	ÁREA (%)
< 400	Fraca	17.871,33	70,9
400 – 800	Moderada	5.922,27	23,49
800 – 1600	Moderada a forte	1.405,18	5,57
> 1600	Forte	6,72	0,04

Fonte: Valério Filho (2004)

A classe de fraca perda de solos é predominante (70,9% da área total) e localiza-se em áreas planas (baixo Fator Topográfico) com solos bem desenvolvidos (baixa erodibilidade). Em algumas dessas localidades na porção sudeste ocorre também os menores valores de erosividade (R) (Figuras 14 e 16).

A classe moderada é a segunda em área ocupada (23,49%) distribuindo-se, principalmente, na porção oeste da bacia. Sua conformação se dá principalmente nas proximidades dos canais fluviais, sobretudo nas áreas de confluência de um canal com outro, nas porções a jusante, já que nas nascentes, a montante, há o predomínio de perda de solo moderada a forte, classe esta que se apresenta associado aos relevos mais escarpados da bacia, próximo aos limites das cristas de Unai (sudoeste) e nas áreas de maior declive da Serra Bonita, localizada na porção centro-norte da bacia. Nas proximidades das cristas de Unai

encontram-se o maior índice de erosividade e erodibilidade, sendo assim o local mais susceptível aos processos erosivos.

A classe de forte perda de solo é pouco representada na bacia (0,04%) localizando-se nos canais fluviais com alta declividade.

Por meio da análise do Mapa de Erosão Potencial é possível observar a forte influência exercida pelo Fator Topográfico, seguido do Fator K e por último em menor influência tem-se o Fator R. A maior influência do Fator Topográfico pode ser resultado de um maior detalhamento destes dados, já que obtido em escala maior (1:100.000) enquanto os outros atributos foram obtidos em escala original de menos detalhe (1:1.000.000).

Em resumo os dados mostram que em se tratando de fatores físicos a bacia é fracamente erodível, os locais mais susceptíveis à erosão se apresentam em pequena proporção.

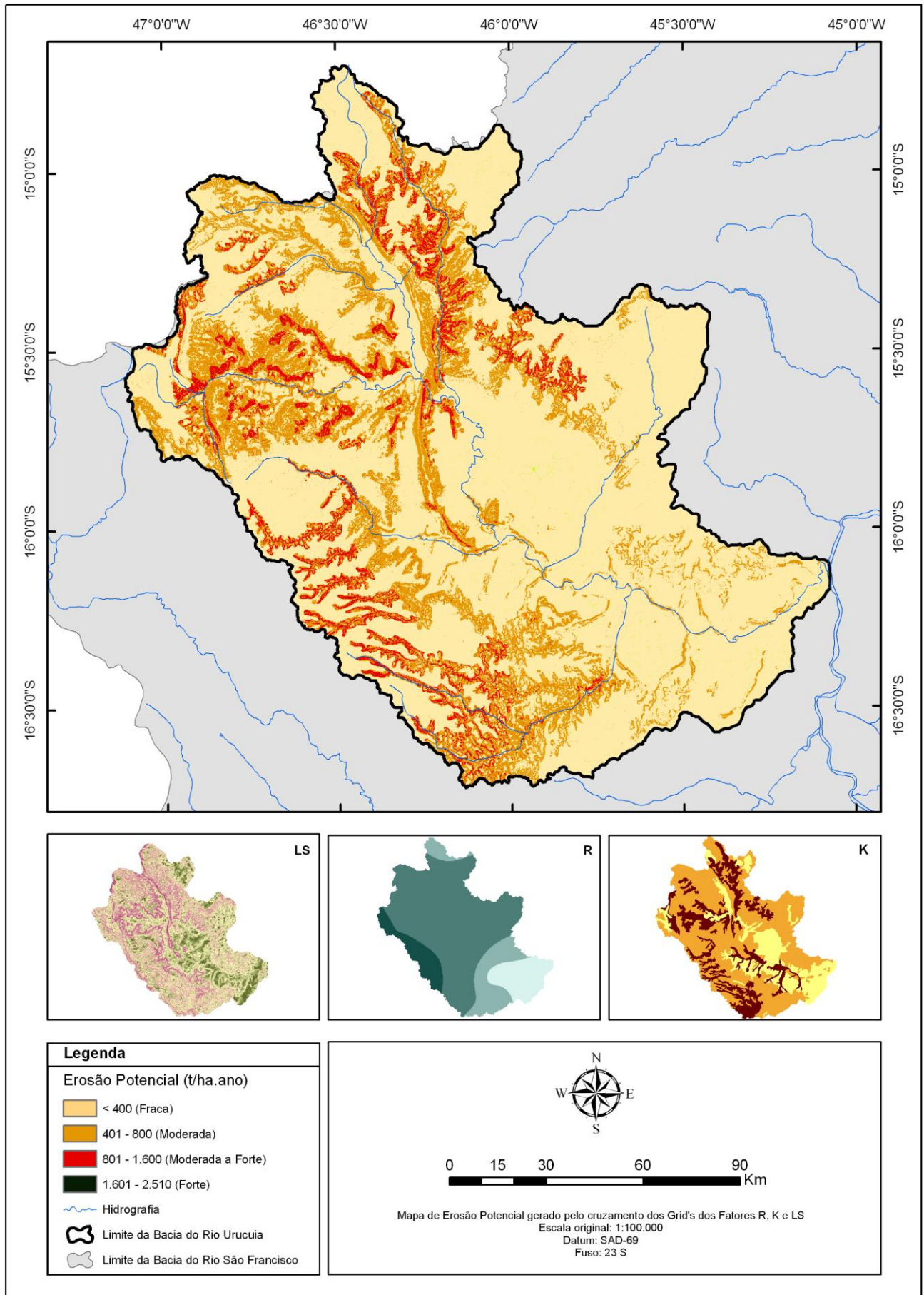


Figura 16: Mapa de Potencial Natural a Erosão (PNE) na Bacia do Rio Urucuia-MG

CAPÍTULO IV

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA EROSÃO ATUAL

4.1. INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada e o manejo inadequado do solo podem promover um aumento substancial da taxa de erosão e sedimentação. A remoção da vegetação natural através do desmatamento intensifica o processo erosivo podendo tornar a taxa de perda de solos superior à taxa de formação (Curi *et al.*, 1993). Além disso, o solo submetido ao cultivo intensivo tem a sua estrutura original alterada e compactada com fracionamento dos agregados em unidades menores e aumento da sua densidade (Panachuki *et. al.*, 2006). A compactação do solo provoca alteração reduzindo permeabilidade e capacidade de infiltração do solo modificando a dinâmica do ciclo hidrológico e o equilíbrio ambiental. Sob este ponto de vista, solos de baixa susceptibilidade a erosão podem tornar-se altamente susceptíveis à medida que o uso e o manejo se efetiva de forma inadequada.

Neste capítulo, serão abordados os fatores antrópicos (C e P) modificadores da paisagem referentes ao uso, manejo e práticas conservacionistas. O cruzamento dos fatores C e P aos demais fatores da EUPS, já gerados no capítulo anterior, possibilitará analisar a erosão atual nas duas décadas (1987 – 2007).

4.2. CONFECCÃO DO MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA

A obtenção do mapa de uso e cobertura da terra foi realizada pelo tratamento das imagens TM-Landsat 5 referentes às datas de 09/08/1987 e 08/09/2007. A metodologia adotada pode ser subdividida nas seguintes etapas: (a) classificação da imagem pelo método *Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique* (ISODATA); (b) aferição de campo; e (c) ajuste manual.

O classificador ISODATA é um método não supervisionado que permite uma análise exploratória dos dados sem a intervenção do usuário (Ball & Hall, 1967). Este método está no âmbito dos classificadores por análise de grupos, sendo cada vez mais empregada como uma forte ferramenta na investigação científica, contribuindo significativamente para uma análise exploratória dos sistemas existentes. A análise de grupos tem como propósito particionar um conjunto de N entidades, em subconjuntos distintos e não vazios, que sejam tão homogêneos quanto possível (Sampaio, 1990). A classificação dos grupos é definida por intermédio de uma medida de similaridade ou dissimilaridade entre os parâmetros, como por exemplo, o da distância Euclidiana. No final do processo objetiva-se definir grupos ou clusters que sejam pertinentes e decorrentes naturais da própria estruturação dos dados. O ISODATA é um método não-hierárquico que seleciona primeiramente os centros para os agrupamentos denominados sementes e a partir de uma distância pré-determinada agrupa os elementos em

sua volta, sendo que o número de classes não é definido anteriormente. Este método estatístico favorece a formulação de hipóteses sobre a estrutura interna dos dados.

As classificações realizadas foram aferidas em trabalho de campo realizado em junho de 2008, quando foram realizadas fotos dos principais usos detectados e comparação instantânea através da visualização das imagens pelo GPS e posterior por meio da comparação com a classificação gerada.

Depois desta etapa foi feito um ajuste manual no intuito de salientar as classes de interesse e diminuir o número de polígonos gerados, a escala de visualização utilizada foi 1:100.000. Como resultado são apresentados os mapas referentes ao uso de solo em 1987 (Figura 17) e em 2007 (Figura 18).

No ano de 1987 as classes de uso e cobertura vegetal correspondentes ao ambiente natural (Corpos D'água, Áreas Inundáveis, Mata Ciliar/Cerradão e Cerrado) apresentam 76,28% da área, enquanto a área antropizada (área urbana e área rural de uso diversificado) corresponde aos 23,72% restantes.

No ano de 2007 observa-se um aumento da classe de Área rural de uso diversificado que se estende em forma de manchas contínuas nas chapadas e planície, atingindo inclusive áreas de relevo acidentado, ocupando 41,45%. Nota-se através das imagens Landsat, a presença de plantio em curva de nível em locais com declividade baixa a média, o que evidencia o crescimento da atividade agrícola na área, se estendendo a áreas menos propícias e que demandam maior investimento.

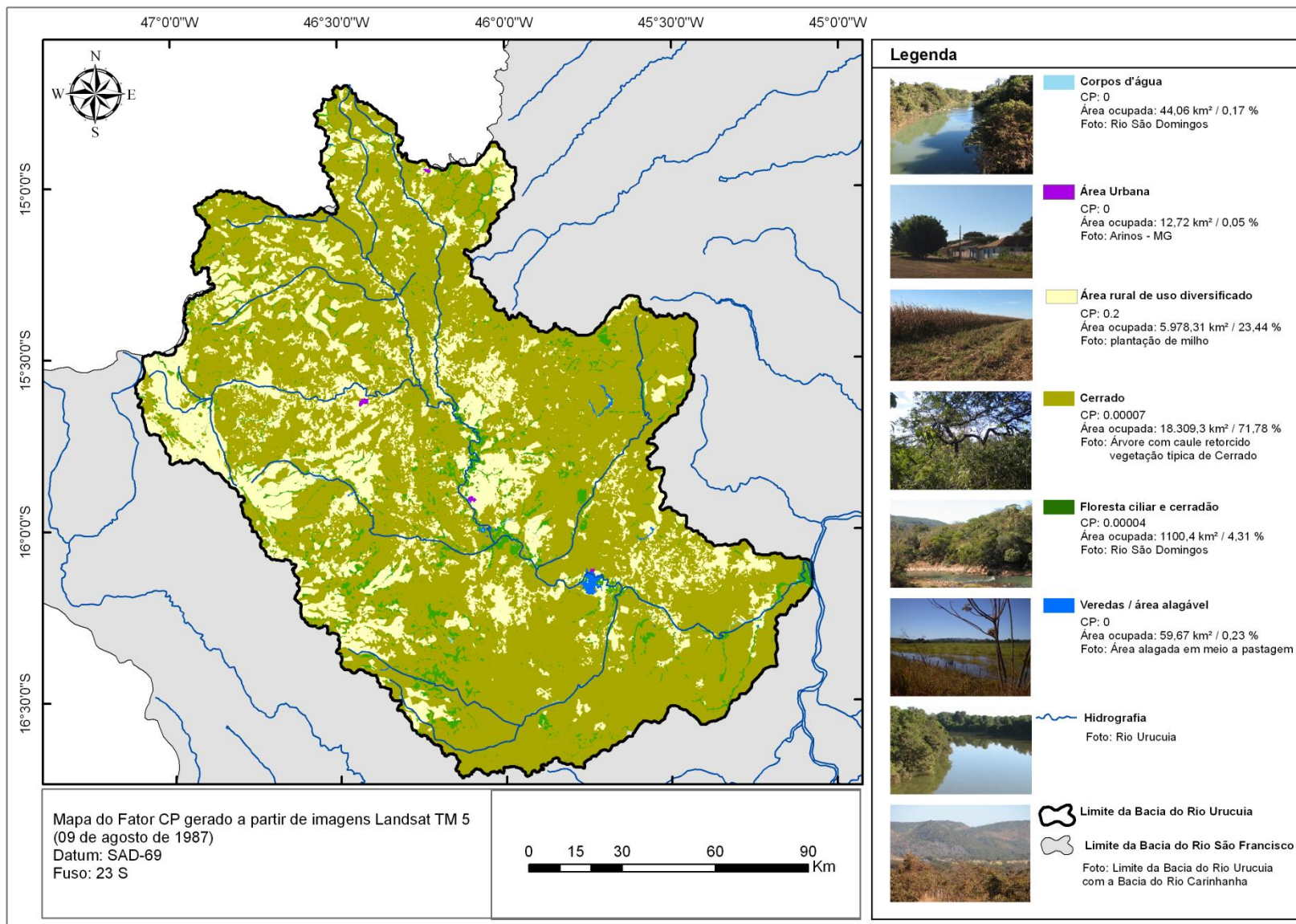


Figura 17: Mapa de uso do solo de 1987 da Bacia do Rio Urucuia-MG

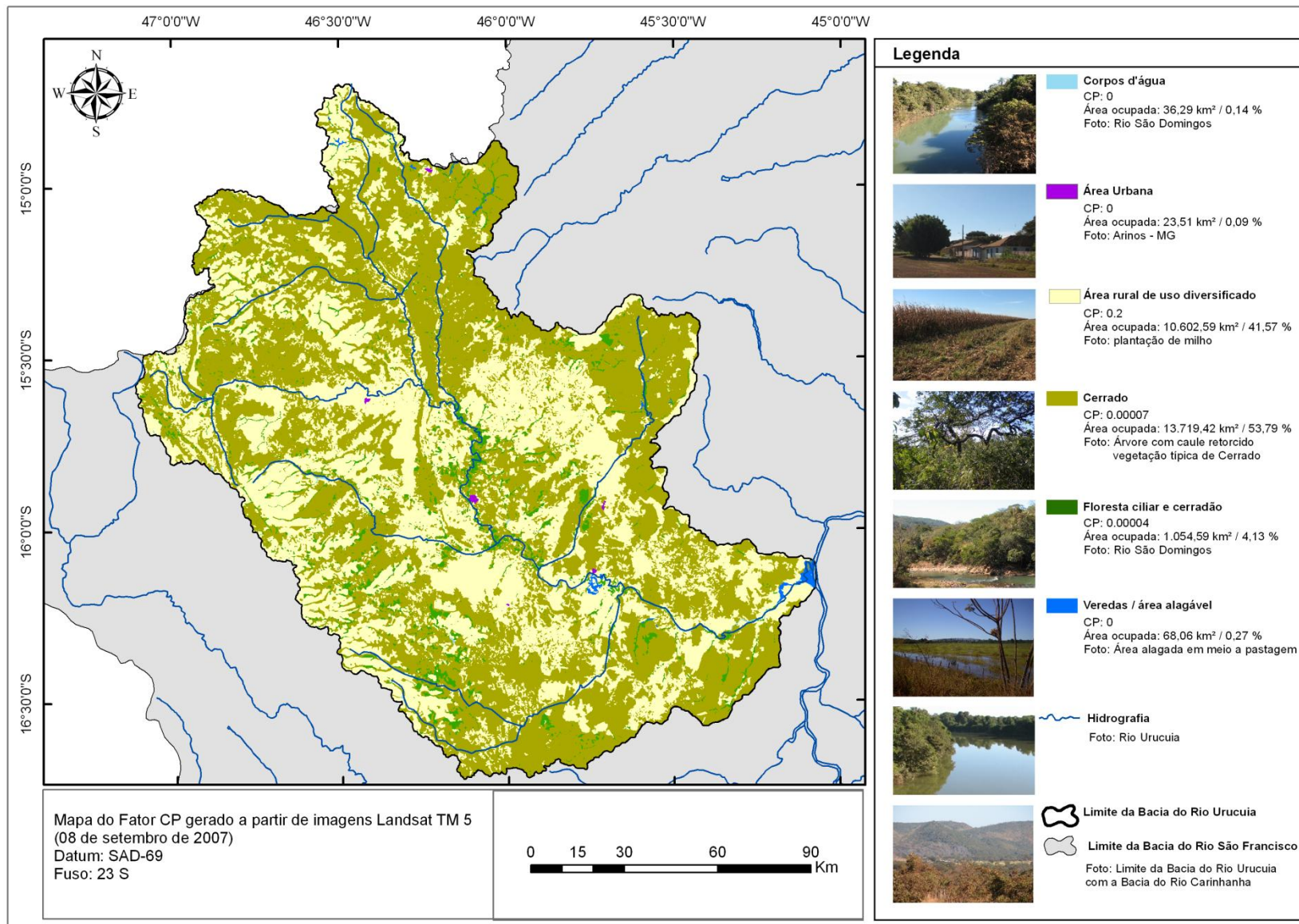


Figura 18: Mapa de uso do solo de 2007. Bacia do Rio Urucuia-MG

4.2.1. Análise dos Fatores C e P para os anos 1987 e 2007

Bertoni e Lombardi Neto (1990) conceituam os Fatores C e P de forma dissociada. O Fator C (uso e manejo) pode ser definido como a relação esperada entre as perdas do solo de uma área cultivada, segundo um manejo qualquer, e as perdas correspondentes de um solo na mesma área, mantendo o solo descoberto. O Fator P (prática conservacionista), por sua vez, é caracterizado como a relação entre a intensidade esperada de perdas com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (morro abaixo).

O Fator CP de forma conjunta é definido como a relação entre a perda de solo esperada das áreas com cultivos e vegetação e as áreas descobertas. Stein *et al.* (1987) estabelecem índices para os Fatores CP, em função dos distintos tipos de vegetação (Tabela 4). Estes índices foram adequados para as classes de vegetação e uso identificadas na Bacia do Rio Urucuia (Tabela 5).

Tabela 4: Integração dos fatores C e P

GRUPO	CATEGORIA	CP
1. Vegetação de porte alto a médio, cobertura total do terreno		0,00004
	1a. Floresta	0,00004
	1b. Vegetação secundária	0,00004
	1c. Cerradão	0,00004
	1d. Reflorestamento	0,00004
2. Vegetação de porte médio a baixo, cobertura total do terreno		0,01035
	2a. Cobertura residual	0,00007
	2b. Cerrado	0,00007
	2c. Cultura perene	0,02
	2d. Cana-de-açúcar	0,05
3. Vegetação de porte médio a baixo, cobertura parcial do terreno		0,25
	3a. Cobertura residual	0,25
	3b. Cultura perene	0,25
4. Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura total do terreno		0,01
	4a. Cobertura residual	0,01
	4b. Pastagem	0,01
	4c. Cultura temporária	0,01
	4d. Campo cerrado	0,01
	4e. Campo natural	0,01
5. Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura parcial do terreno		0,10
	5a. Cobertura residual	0,10
	5b. Pastagem	0,10
	5c. Cultura temporária	0,20
6. Ocupações naturais diversas		0,00

6a. Várzea	0,00
6b. Espelho d'água	0,00
7. Ocupações antrópicas	0,00
7a. Área urbana	0,00
7b. Estrada	0,00

Fonte: Stein *et al* (1987) adaptado

Tabela 5: Classes de CP adotadas para a Bacia do Rio Urucuia-MG

CLASSE	FATOR CP
Corpos d'água	0
Área urbana	0
Áreas inundáveis ou alagadas	0
Mata ciliar e cerradão	0,00004
Cerrado	0,00007
Área rural de uso diversificado	0,2

Na tabela proposta são identificados quatro valores para CP. As classes de Corpos d'água, Área urbana e Áreas inundáveis ou alagadas onde a perda de solo é incipiente apresentam valor nulo. As classes Mata ciliar e Cerradão, equivalentes a áreas com densa vegetação e baixa perda de solo, possuem valor de 0,00004. Nesta classe a vegetação de médio a grande porte é responsável pela diminuição do impacto das gotas da chuva diretamente no solo.

A classe Cerrado possui um valor de CP (0,00007) um pouco maior que o da Mata ciliar e cerradão, devido sua vegetação mais esparsa, menos densa e composta por árvores em geral de médio a baixo porte, além de arbustos e gramíneas.

O maior CP corresponde à classe Área rural de uso diversificado (0,2). Este valor foi adotado por corresponder à classe de cultura tanto temporária quanto perene na Tabela de Stein *et al.* (1987). O uso agrícola de modo geral acarreta em grande taxa de perdas de solo, a retirada da vegetação e a exposição do solo para o contato direto com a água pluvial é um dos principais motivos.

Tabela 6: Comparativo do Fator CP para a Bacia do Rio Urucuia (1987 e 2007)

ANO DE REFERÊNCIA →		1987		2007	
CLASSE	CP	ÁREA (Km ²)	ÁREA (%)	ÁREA (Km ²)	ÁREA (%)
Corpos d'água	0	44,06	5,78	36,29	0,14
Área Urbana	0	12,72	0,05	23,51	0,09
Áreas inundáveis ou alagadas	0	59,67	0,24	68,06	0,27
Mata ciliar e cerradão	0,00004	1.100,40	3,36	1.054,59	4,13

Cerrado	0,00007	18.309,30	72,51	13.719,42	53,79
Área rural de uso diversificado	0,2	5.978,31	23,67	10.602,59	41,57

Através dos dados expostos na Tabela 6 foi elaborado o gráfico comparativo (Figura 19), o qual demonstra que no período de 20 anos a mudança no padrão de uso do solo foi relevante na área pesquisada. Esta mudança é um elemento importante na análise multitemporal da susceptibilidade erosiva.

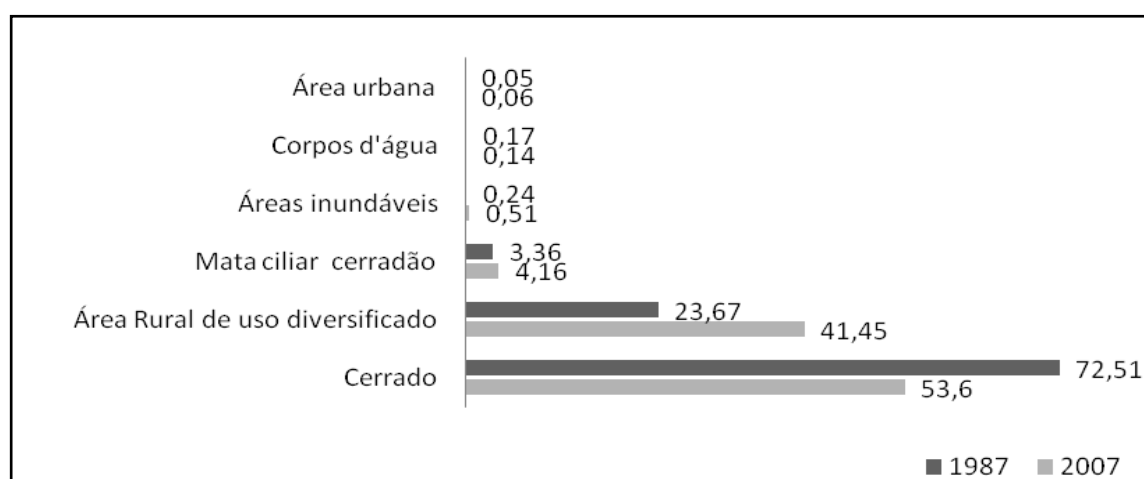


Figura 19: Comparativo entre o Fator CP de 1987 e 2007

A informação de maior relevância diz respeito ao aumento das áreas destinadas a uso rural com conseqüente perda de áreas de vegetação natural, para melhor demonstrar os dados a Figura 20 trata de forma separada as duas grandes classes, uso antrópico e natural.

A evolução da agricultura nos anos analisados corresponde à diminuição da classe de uso natural. O índice relativo ao Fator CP para áreas de uso rural diversificado corresponde à maior perda de solo quando comparado a áreas de vegetação natural. Sendo assim, no ano de 2007 a fragilidade ambiental é aumentada em relação a 1987, isso ocorre devido ao avanço da fronteira agrícola verificada para esta área em um intervalo de duas décadas. Por fim em 2007 verifica-se que o padrão de uso do solo para práticas agrícolas apresenta-se como manchas bem mais coesas do que aquelas encontradas em 1987.

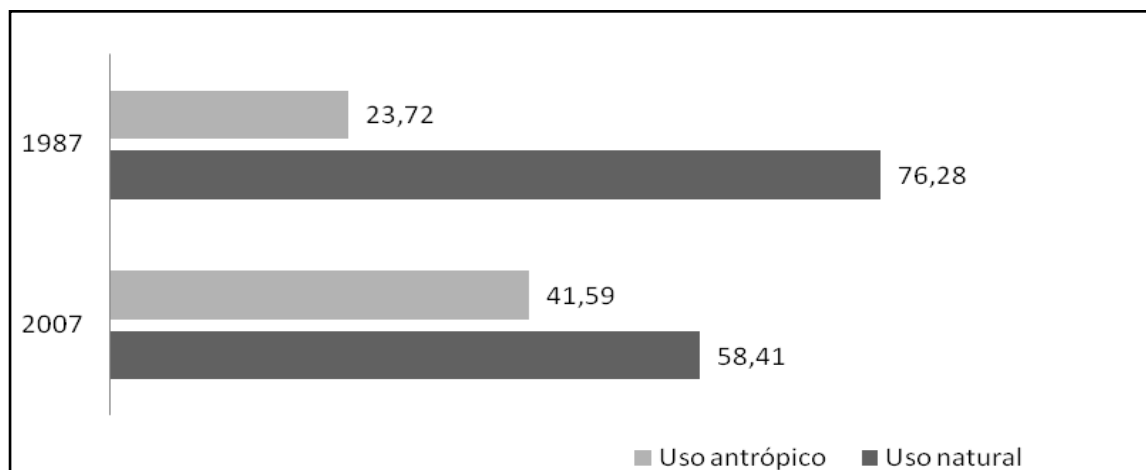


Figura 20: Comparativo das áreas de uso natural e uso antrópico do solo a partir do Fatores C e P

4.3. CONFEÇÃO DO MAPA DE EROSÃO ATUAL (Ea)

A Erosão Atual corresponde à estimativa das perdas de solo quando submetidos a distintos tipos de uso e manejo do solo. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo.

Para calcular a Erosão Atual é multiplicado todos os atributo da EUPS, Fatores L, S, R, K (obtidos no Capítulo III) e Fatores C e P. O resultado do cruzamento dos Grid's representa a interação entre os fatores. Para interpretar os valores gerados a partir deste cruzamento, Carvalho (1994) organizou classes de interpretação que vão desde nula a muito forte perda de solo (Tabela 7), tais classes dão um viés qualitativo a análise da erosão atual.

Tabela 7: Classes de interpretação para a estimativa de perda de solo atual na Bacia do Rio Urucuia-MG

TAXAS DE PERDA DE SOLO (t/ha.ano)	CLASSES DE INTERPRETAÇÃO
< 15	Nula a moderada
15,1 – 50	Média
50,1 – 120	Média a Forte
> 120,1	Forte a Muito Forte

Fonte: Carvalho (1994) adaptada

4.3.1 Erosão Atual em 1987

Os dados da Erosão Atual em 1987 (Figura 24) foram detalhados na Figura 21. Neste ano percebe-se a predominância da classe Nula a moderada (81,84%), isto decorre da combinação entre os fatores relativos ao meio físico, que dão à área a propriedade de serem fracamente erodíveis, e da grande extensão de áreas com vegetação natural, estando a classe

Áreas de uso agrícola diversificado limitada a manchas esparsas e descontínuas. As demais classes, de média a muito forte se apresentam em baixas proporções.

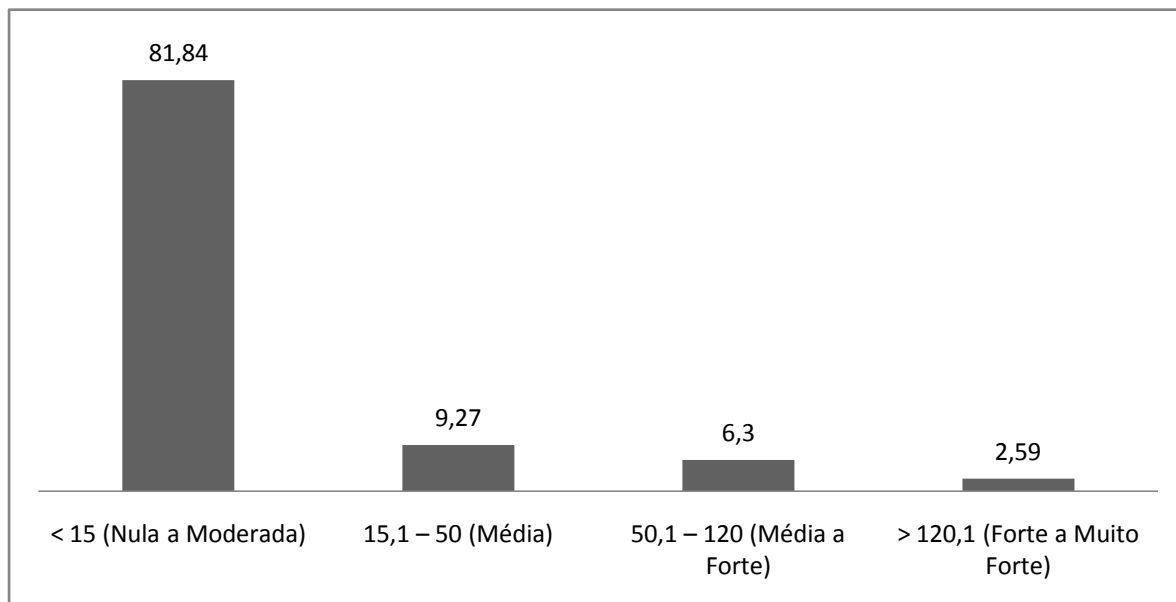


Figura 21: Perda de solo na Bacia do Rio Urucuia em 1987 em %

4.3.2. Erosão Atual em 2007

Para o ano de 2007 os dados do mapa de erosão atual (Figura 25), são detalhados na Figura 22, demonstra uma suave predominância da classe Nula a Moderada (68,87%), isto se deve às extensas áreas de vegetação natural presentes na bacia, as quais devido às altas declividades em que se encontram não se mostram como áreas de interesse ao avanço da agricultura. Em seguida, em semelhantes proporções tem-se as classes Média e Média a Forte (15,8% e 11,36%, respectivamente). Em muito baixa proporção está a classe Forte a Muito Forte (3,97%).

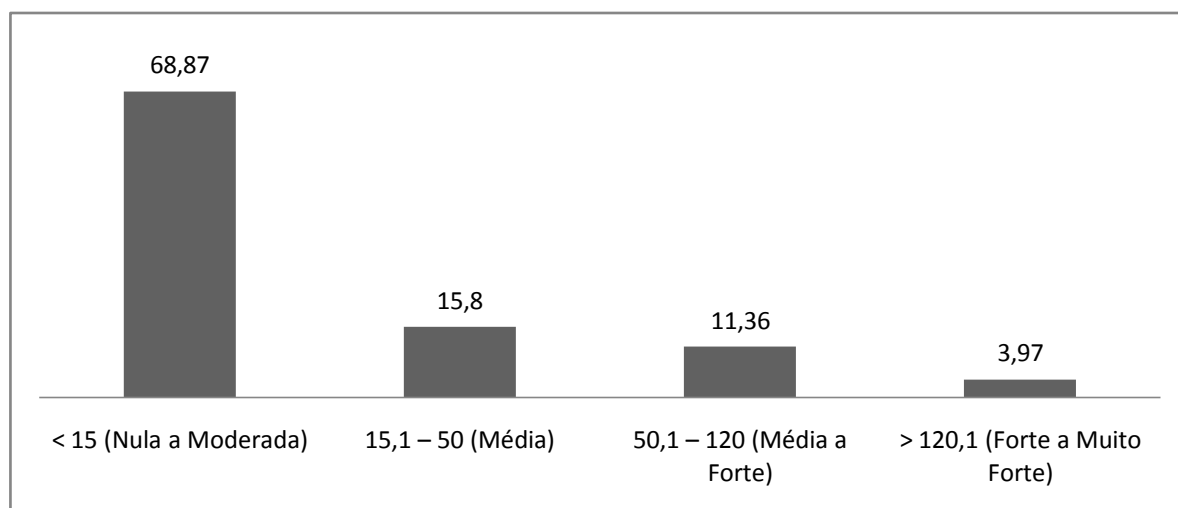


Figura 22: Perda de solo na Bacia do Rio Urucuia em 2007 em %

4.3.3. Análise Multitemporal da Erosão Atual

A partir da comparação dos mapas de Erosão Atual de 1987 (Figura 24) e de 2007 (Figura 25) é possível perceber grande diferença visual. Esta diferença numérica, expressa visualmente no mapa, é mais bem evidenciada na análise comparativa dos dados (Tabela 8 e Figura 23), os quais demonstram que entre os anos analisados houve diminuição da classe Nula a moderada e consequente aumento das demais classes. Em 2007 a fragilidade ambiental se acentua visto que o avanço das áreas destinadas a uso rural configura-se como elemento fundamental ao aumento da susceptibilidade erosiva.

Tabela 8: Comparativo da perda de solo para a Bacia do Rio Urucuia entre 1987 e 2007.

TAXAS DE PERDA DE SOLO (t/ha.ano)	CLASSES DE INTERPRETAÇÃO	ÁREA (Km ²) 1987	ÁREA (%) 1987	ÁREA (Km ²) 2007	ÁREA (%) 2007
< 15	Nula a Moderada	20.635,91	81,84	16.669,41	68,87
15,1 – 50	Média	2.338,31	9,27	3.177,88	15,8
50,1 – 120	Média a Forte	1.587,80	6,3	3.281,47	11,36
> 120,1	Forte a Muito Forte	652,69	2,59	2.086,01	3,97

Fonte: Carvalho (1994) adaptada

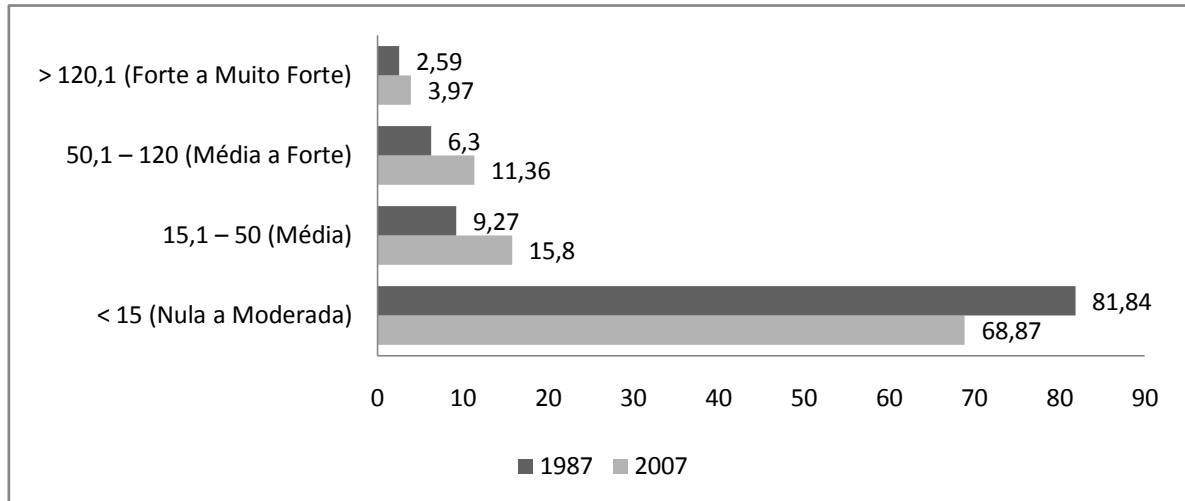


Figura 23: Análise Multitemporal da Erosão Atual (1987 - 2007) em %

Os Mapas de Erosão Atual configura-se como uma síntese de todos os elementos da EUPS, porém é notável a forte influência dos Fatores C e P no resultado final, o que pode ser percebido mediante a comparação visual das Figuras 17 e 18, bem como das Figuras 16, 24 e 25.

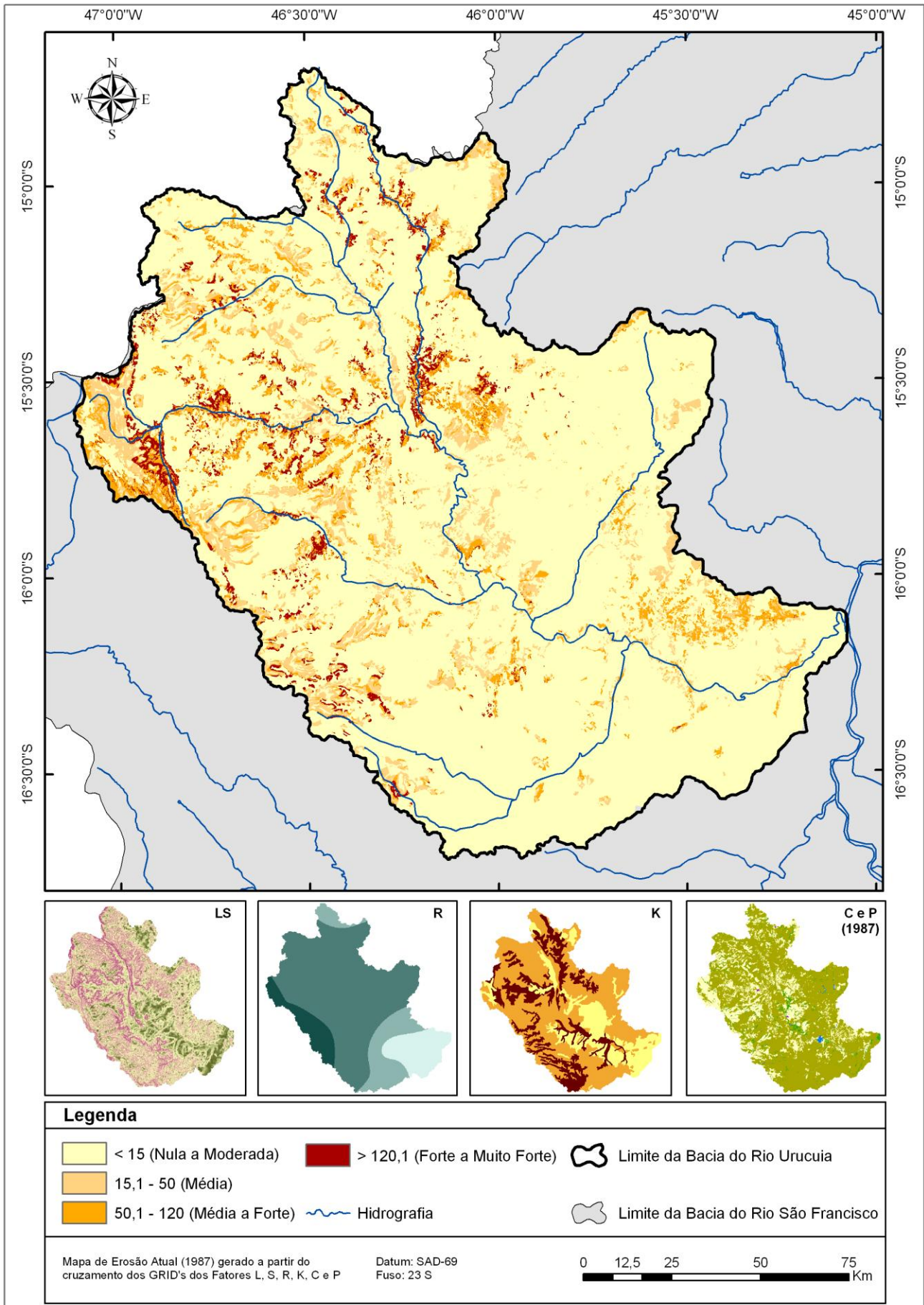


Figura 24: Mapa de Erosão Atual da Bacia do Rio Urucui (1987)

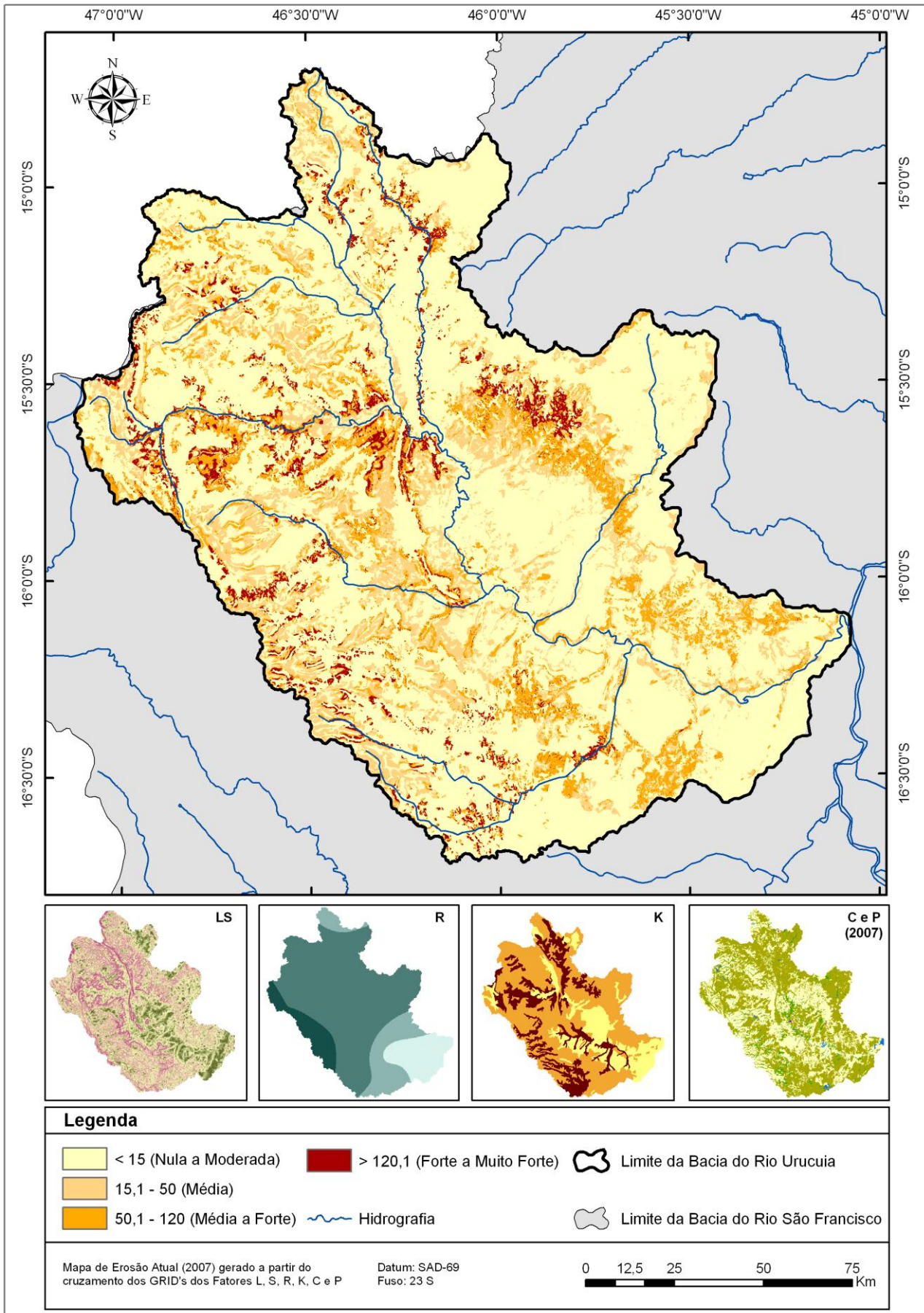


Figura 25: Mapa de Erosão Atual da Bacia do Rio Urucui (2007)

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

A partir da análise dos mapas de Erosão Potencial e Atual para a Bacia do Rio Urucuia pode-se concluir:

1. Em relação à Erosão Potencial:

A bacia apresenta grande extensão de áreas com fraco potencial erosivo, isso ocorre em especial nas áreas de planície, sobretudo nas proximidades da confluência do canal principal com o Rio São Francisco. Não obstante locais de chapadas também se configuram como áreas de baixo potencial erosivo, a exceção a esse respeito limita-se às bordas de chapadas, onde o alto grau de declividade configura uma mudança abrupta não só no padrão de perda de solo como também na paisagem. Assim, em consonância com tais mudanças nota-se a presença de locais de moderado a forte potencial natural à erosão associados aos canais fluviais, em especial aqueles que se encontram encaixados no relevo. Nota-se uma progressão que vai de jusante a montante, quando se analisa os canais secundários que confluem com o canal principal da Bacia do Rio Urucuia, próximo à confluência, há o domínio da classe fraca perda de solo enquanto na zona de transporte – onde há maior movimentação de sedimentos – domina a classe moderada, as classes moderada a forte e forte predominam nas nascentes.

2. Em relação à Erosão Atual:

Entre os anos de 1987 e 2007 a mudança no padrão de uso do solo é perceptível, o aumento de áreas destinadas a uso agrícola diverso traz consigo a diminuição de áreas de vegetação preservada. Porém a área apresenta ainda vários locais potenciais ao uso agrícola (com declividade baixa a média) e outros locais nem tão propícios como as áreas de moderada a forte perda de solo. A intensidade em que se deu a mudança no padrão de uso do solo na Bacia do Rio Urucuia, com o avanço das atividades agropastoris, evidencia que nos próximos vinte anos a área pode estar saturada e sem mais perspectivas de crescimento em termos de área ocupada. Por conseguinte a susceptibilidade erosiva tende a aumentar em iguais proporções, pois o novo cenário da agricultura terá que se expandir em áreas de menor potencial agrícola, com solos sazonalmente inundáveis ou em locais de média a alta declividade, tais locais demandam maior investimento em tecnologias de correção das propriedades químicas e físicas do solo e práticas mecânicas, vegetativas e de manejo (CP) para reduzir volume e velocidades de escoamento de águas condicionadas do relevo. Não obstante, nota-se nas imagens de 2007 que alguns locais com declividade média já apresentam práticas conservacionistas que mitigam riscos de erosão favorecidos pelo relevo, a

exemplo das plantações em curvas de nível. Tais medidas são fundamentais para compatibilizar o desenvolvimento agrícola à conservação ambiental e se utilizadas em larga escala podem dar novas perspectivas a área.

Por fim, por meio da comparação entre os mapas de Potencial Natural a Erosão e de Erosão Atual pôde-se perceber importante diferença, o que ratifica a relevância e a modificação que o elemento antrópico traz para as análises acerca dos processos erosivos que alteram fortemente as propriedades do solo. A diferença numérica entre os valores encontrados para os mapas de PNE e Ea se deve aos baixos valores de C e P (0 a 0,2), assim, enquanto o mapa de Potencial Natural a Erosão varia de 0 a 2.510, os mapas de Erosão Atual estão entre 0 e 682.

A susceptibilidade erosiva é bem representada pelos mapeamentos de Erosão Atual e Potencial, que podem dar subsídios ao planejamento conservacionista com vistas ao desenvolvimento sustentável na área pesquisada.

Esta pesquisa pode embasar estudos de susceptibilidade e instalação de processos erosivos e dar base a demais estudos na Bacia do Rio Urucuia, como: (a) indicadores que definam cenários para próximos vinte anos; (b) estudos de compartimentação do relevo; (c) estudos de análise para subsidiar políticas públicas estratégicas para a efetiva aplicabilidade da legislação ambiental pertinente, serviços ambientais, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, E.P (2006) *Aplicação de dados SRTM a modelagem da erosão em micro bacias por geoprocessamento*. 88f. Dissertação de mestrado, Inpe, São José dos Campos-SP.
- Arnold, J.G. & Allen, P.M. (1996) Estimating hydrologic budgets for three Illinois watersheds. *Journal of Hydrology*, 176(1): 57 - 77.
- Ball, G & Hall, D. (1967) A clustering technique for summarizing multivariate data. *Behav. Scienc* 12: 153 - 155.
- Beasley, D.B.; Huggins, L. F. (1982) Answers User's Manual. Chicago: *U.S. Environmental Protection Agency*. Report n°. 905/9-82-001.
- Bertoni, J. & Lombardi Neto, F. (1990) *Conservação do solo*. 2ª. ed. São Paulo: Ícone Editora. 335 p.
- Bloise, G.L.F.; Carvalho Júnior, O.A.; Reatto, A.; Guimarães, R.F.; Martins, E.S. & Carvalho, A.P. (2001) Avaliação da suscetibilidade natural à erosão dos solos da Bacia do Olaria - DF. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – Embrapa Cerrados*, 14 p.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil (1982). Folhas SE.20/21 – Corumbá. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 452 p.
- Browning, P.C.L. & Class, J.A. (1947) A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.23 p. 246 – 249.
- Campos, J.E. & Dardenne, M.A. (1997) Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, 27 (3): 269 – 282.
- Carvalho Júnior, O. A & Guimarães, R. F. (2003). Confecção de cartas morfométricas da bacia do São Francisco como subsídio ao estudo de vulnerabilidade ambiental. In: CODEVASF (org.). *Zoneamento ecológico-econômico do vale do São Francisco: estudos dos meios bióticos e abióticos*. Brasília: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos. p. 201-224.
- Carvalho, N.O. (1994). *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro: CPRM, 372 p.
- Carvalho, J.C., Lima, M.C., Mortari, D. (2001) Considerações sobre prevenção e controle de voçorocas. In: *Anais do 7º Simpósio Nacional de Controle de Erosão*, Goiânia. ABMS/ABGE;

- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais (2001) *Erosão e formas de controle*. Belo Horizonte – MG, 31p.
- Chaves, H.M.L. (1994) Estimativa da erosão atual e potencial no Vale do São Francisco. *Relatório Final de Consultoria*. CODEVASF/FAO, Brasília, 35p.
- CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (2002) Análise Multitemporal da dinâmica de alteração da conformação do leito do Rio São Francisco – Trecho Médio. *Resumo Executivo do Relatório Final*.
- CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (2007) <<http://www.Codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/identificacao>> Acessado em 24 de outubro de 2007.
- Cook, H.L. (1936) The nature and controlling variables of the water erosion process. *Soil Science Society of America Proceedings*. Madison, p. 487 – 4949.
- Curi, N.; Larach, J. O. I.; Kämpf, N.; Moniz, A. C. & Fontes, L. E. F. (1993) *Vocabulário de ciência do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 89p.
- Dardenne, M.A., Faria, A. & Andrade G.F. (1976). Occurrence de stromatolithes columnaires dans le Groupe Bambuí (Goiás-Brésil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 48(3): 555–566.
- Dardenne, M.A. (1978) Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil central. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Recife. *Anais*: SBG, 2: 597 - 610.
- Dardenne, M.A. (1981) Os grupos Paranoá e Bambuí na faixa dobrada Brasília. In: SBG-BA/SE, Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, Salvador, *Anais*, p.140-157.
- Dardenne, M.A. (2000) The Brasilia Fold Belt. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J. Thomaz Filho, A. & Campos, D.A. (eds). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 231-263 (Intern. Geol. Congr. 31).
- Denardin, J.E. (1990) *Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos*. 81f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Desmet, P. J. J. & Govers G. (1996) A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51 (5): 427 - 433.
- Embrapa (1999) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Serviço de Produção de Informação. Embrapa-EPI, Brasília, 412p.

- Embrapa (2006) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Serviço de Produção de Informação. Embrapa-EPI, Brasília, 306p.
- Farinasso, M.; Carvalho Jr.; O.A.; Guimarães, R.F.; Gomes, R.A.T. & Ramos, V.M. (2006) Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. *Revista Brasileira de Geomorfologia* - Ano 7, nº 2, p. 57 - 69.
- Fernandes, M. do C. & Menezes, P.M.L de (2005) Comparação entre métodos para geração de MDE para a obtenção de observações em superfície real no maciço da Tijuca-RJ. *RBC - Revista Brasileira de Cartografia* 57 (2): 154 – 161.
- Flanagan, D. C. & Nearing, M. A. (1995) USDA water erosion prediction project: hillslop profile and watershed model documentation. Washington: Report n. 10, *USDA-ARS*.
- Foster, G.R. & Wischmeier, W.H. (1974) Evaluating irregular slopes for soils loss prediction. *Transactions of the ASAE*, 17: 305 - 309.
- Freeman, T.G. (1991). Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid. *Computers and Geosciences* 17, 413-422.
- Fuck, R.A.; Marini O.J.; Dardenne, M.A. & Figueiredo, A.N. (1988) Coberturas metassedimentares do Proterozóico Médio: os grupos Araí e Paranoá na região de Niquelândia-Colinas, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 18(1): 54–62.
- Glaetzer, B. & Grierson, I. (1987) The Universal Soil Loss Equation. A Computer Package. *Roseworthy Agricultural College*.
- Griffin, M.L.; Beasley, D.B.; Fletcher, J.J.; & Foster, G.R. (1988) Estimating soil loss on topographically nonuniform field and farm units: *Jour. Soil and Water Conservation*, v. 43, p. 326-33.
- Guimarães, R. F. (2000) *Utilização de um modelo de previsão de áreas susceptíveis à escorregamentos rasos com controle topográfico: Adequação e calibração em duas bacias de drenagem*. 156 f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro.
- Haggett, P. & Chorley, R. J. (1967) Models, paradigmes and the new geography. In: Chorley, R. J. & Haggett, P. (Eds) *Models In Geography*. Methuen, London, p. 19 - 41.
- Harvey, D. W. (1969) *Explanation in geography*. Ed. Arnold, London, 521p.
- Holmgren, P. (1994) Multiple flow direction algorithms for runoff modelling in grid-based elevation models: An empirical evaluation. *Hydrologic Processes* 8: 327-334.

- Horton, R.E. (1945) Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. America Bulletin*, 56 (3): 275-370.
- Hoyos, N. (2005) Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the Colombian Andes. *Catena*, 63 p. 85 – 108.
- Hutchinson, M.F. (1989). A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, 106: 211-232.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e IBDF (Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal, atualmente IBAMA) (1988) *Mapa de Vegetação do Brasil*. 1:5.000.000, IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2005) Manual técnico de pedologia 2. ed. - Rio de Janeiro, *Manuais técnicos em geociências*, ISSN 0103-9598, n. 4, 300p.
- Lombardi Neto, F. & Bertoni, J. (1975) Erodibilidade de solos paulistas. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas*, n. 27, 12 p.
- Lombardi Neto, F. & Moldenhauer, W.C. (1980) Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, 51 (2): 189-196.
- Martins-Neto, M.A.; Pedrosa-Soares, A.C. & Lima, S.A.A. (2001) Tectono sedimentary evolution of sedimentary basins from Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 141-142: 343-370.
- Merten, G.H.; Caviglione, J.H.; Ciaomini, D.C.; Rufino, R.L.; Medeiros, G.; Saintraint, D.; Ribas, G.C.; Dedecek, R. & Kessler, C.A. (1995) *El uso del SIG del modelo USLE para determinar mapas de erosion potencial y actual em lãs microcuencas pilotos de Água Grande y Córrego do Pensamento, Mamborê, Paraná, Brasil*. Santiago, Chile: Proyecto Regional GCP/RLA/107/JPN (FAO. Documento de Campo, 6) 43p.
- Miller, V.C. (1953) A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch mountain area. *Technical Report (3)*, Dept. Geology Columbia University.
- Moore, I. D.; & Burch, G. J. (1986). Modeling erosion and deposition. Topographic effects. *Transactions of the ASAE* 29, 1624–1630.
- O'Callaghan, J.F.; Mark, D.M. (1984) The extraction of drainage network from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 28: 328- 344.

- Olivo, G.R. (1989) *Controle lito-estratigráfico e gênese das ocorrências auríferas da seqüência psamo-pelito-carbonática do Grupo Paranoá-Goiás*. 134f. Dissertação de mestrado, UNB, Brasília.
- Panachuki, E.; Sobrinho, T.A.; Vitorino, A.C.T.; Carvalho, D.F. & Urchei, M.A. (2006) Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB: DEAg/UFCG v. 10, n. 2: 261 - 268.
- Pimentel, M.M.; Dardenne, M.A.; Viana, M.G.; Gioia, S.M.; Junges, S.L. & Seer, H.J. (1999) Nd isotopes and the provenance of sediments of the Brasília Belt, central Brazil. In: *South American Symp. On Isot. Geology*, Carlos Paz Actas, p. 426 – 429.
- Primavesi, A. (1987) *Manejo ecológico do solo*. 9ª. Edição, São Paulo, Nobel, 549p.
- Ramos, V.M.; Guimarães, R. F.; Redivo, A. L.; Carvalho Junior, O. A. de; Fernandes, F. N. & Gomes, R. A. T. (2003) Avaliação de metodologias de determinação do cálculo de áreas de contribuição. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 4, Nº 2: 41-49.
- Renard, K. G. & G. R. Foster (1991) RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.46, n.1, p.30 - 33.
- Resende, M. (1985) Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Informativo Agropecuário*, Belo Horizonte, 11 (128): 3 - 18.
- Sampaio, C.E.M (1990) *Análise de grupo via programação matemática*. Dissertação (Mestrado) 95f. Departamento de Estatística, Instituto de Ciências Exatas, Universidade de Brasília, Brasília.
- Sgarbi, G.N.C. 1989. *Geologia da Formação Areado. Cretáceo Inferior a Médio da Bacia Sanfranciscana, Oeste do Estado de Minas Gerais*. 324 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Silva, V.C. (2001) *Erosão atual, erosão potencial e aporte de sedimentos na Bacia do rio Paracatu (MG/GO/DF)*. Tese (Doutorado), 108f. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- Smith, D.D (1941) Interpretation of soil conservation data for field use. *Agricultural Engineering*, St. Joseph, v. 22, p. 173 - 175.
- Spigolon, A.L.D. & Alvarenga, C.J.S. (2002) Fácies e elementos arquiteturais resultantes de mudanças Climáticas em um ambiente desértico: Grupo Urucuia (neocretáceo), bacia sanfranciscana. *Revista Brasileira. de Geociências* 32 (4): 579 - 586.

- Stein, D.P., Donzelli, P.L., Gimenez, A.F., Ponçano, W.L. & Lombardi Neto, F. (1987) Potencial de erosão laminar, natural e antrópica, na Bacia do Peixe Paranapanema. Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Marília SP, *Anais*, p. 105 – 135.
- Tarboton, D. G. (1997) A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research*, 33 (2): 309 – 319.
- Thorntwaite, C.W. (1948) *An approach towards a rational classification of climate*. *Geographical Review*, Londres, v.38, p.55-94.
- Valério Filho, M. (2004). Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de Bacias Hidrográficas, in Ferreira, M. E. E Cruz, M. C. P. *Solos Altamente Suscetíveis à Erosão*. FCAVUNESP/ Jaboticabal - Soc. Bras. de Ciênc. do Solo, p. 223-242.
- Vilar, O.M. & Prandi, E.C. (1993) *Erosão dos solos – Solos do interior de São Paulo*. (Eds. J.C.A. Cintra & J.H. Albiero).ABMS, Departamento de Geotecnia, EESC, USP, p. 177-206.
- Williams, J.R. (1990) *The erosion-productivity impact calculator (EPIC) model – a case-history*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 329(1255): 421-428.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1958) Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Transaction American Geophysical Union*. Washington, v.39, p. 285 – 291.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1965) Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains—guide for selection of practices for soil and water conservation. *USDA Handbook*, vol. 282. 47p. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Wischmeier, W.; Johnson, C.; Cross, B. (1971) A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil Water Conservation*, v. 26, n. 2, p.189-193.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978) *Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning*. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C. 58p.
- Young, R.A.; Onstad, C.A.; Bosh, D.D. & Anderson, P. (1989) AGNPS A nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds. *Journal of Soil & Water Conservation*, Ankey, v.44, n.2, p.168-173.
- Zingg, R. W. (1940) Degree and length of land slope as it affects soil loss runoff. *Agricultural Engineering*. St. Joseph, v.21, p. 59 – 64.