

XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITANHÉM

Tarcilo David Lôbo Galvão ¹ ; *Milton José Porsani* ²

RESUMO – Utilizando a Equação Universal de Perdas de Solo, com dados originados da interpretação de imagens de satélite e de informações provenientes de bases georreferenciadas, faz-se a representação cartográfica do potencial de erosão do trecho final da bacia hidrográfica do Rio Itanhém. O estudo foi aplicado ao curso final do rio, localizado entre os municípios de Teixeira de Freitas, Alcobaça e Prado, no Estado da Bahia, compreendendo 1.462,3 km². Por meio da aplicação de Sistema de Informações Georreferenciadas obtém-se a caracterização precisa e a automatização na produção de documentos cartográficos. Os valores determinados para as classes existentes na carta do Potencial Natural de Erosão – PNE foram obtidos por meio da multiplicação dos valores estabelecidos para erosividade, erodibilidade e fator topográfico. Após essa etapa, os Planos de Informações que apresentaram PNE médio, alto e muito alto foram reinterpretadas, com base na aplicação dos fatores uso e conservação do solo e práticas conservacionistas, cujos valores foram originados das informações observadas nas imagens de satélite. O mapeamento realizado indica os locais críticos, com alto e muito alto potencial de erosão, e confirma que este trecho da bacia hidrográfica é, por natureza, pouco propenso a erosão.

ABSTRACT– A cartographic representation of the potential erosion of the final stretch of watershed of the Itanhém river is done using Universal Soil Loss Equation with the data coming from the interpretation of satellite images and information from georeferenced databases. The study was applied to the final course of the river, located between the towns of Teixeira de Freitas, Alcobaça and Prado, in Bahia State, measuring 1,462.3 km². Through the application of Georeferenced Information System obtain accurate characterization and automation in the production of cartographics documents. The values determined for the existing classes in the mapping from Natural Erosion Potential - PNE were obtained by multiplying the values established for erosivity, erodibility and topographic factor. After this step, the informations plans that showed PNE medium, high and very high were reinterpreted, based on the application of the factors of use and conservation of soil and conservations practices, that values were derived from information observed in satellite images. The mapping carried out indicates the critical locations, with high and very high erosion potential, and confirms that this stretch of watershed is little prone to erosion.

Palavras-Chave – erosão, potencial, caracterização.

1 – Engº Agrônomo, MSc Engª Ambiental, DSc em Energia e Ambiente /UFBA – Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S/A, Av. Dorival Cayme, nº 15649, Itapoã, CEP 41635-150 Salvador (BA) – (71)3116-1800, tarcilodavid@ufba.br

2 – Geólogo, DSc em Geofísica, Departamento de Geologia e Geofísica – Instituto de Geociências / UFBA, Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Campus Universitário de Ondina, CEP 40170-020 Salvador (BA) – (071)3283-8530, porsani@cpgg.ufba.br

1 – INTRODUÇÃO

Erosão é um processo de deslocamento de seu local de origem das partículas sólidas da superfície do solo ou das paredes dos leitos dos córregos e rios, sob efeito do escoamento. Esse deslocamento ocorre quando as forças hidrodinâmicas exercidas pelo escoamento sobre uma partícula ultrapassam a resistência oferecida por ela. A resistência das partículas tem origem, principalmente no peso das partículas e nas forças de coesão (Bordas e Semmelmann (2004)).

A erosão do solo é um impacto ambiental que tem causado preocupações, levando os pesquisadores a investigar as suas causas, evolução e controle. A erosão tem impactado extensas áreas, até mesmo causando a inutilização e a descaracterização completa do meio físico. Embora os processos erosivos sejam estudados em vários países, seus mecanismos ativadores e as condições predisponentes são variáveis e específicos em cada região, pois são dependentes dos fatores naturais, tais como o clima, as condições de relevo, a natureza do terreno (substrato rochoso e materiais inconsolidados) e a cobertura vegetal.

A Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS (Universal Soil Loss Equation – USLE) é um modelo proposto por Wischmeier e Smith (1965, 1978) que tem sido utilizada como ferramenta para o planejamento do uso racional dos solos e para minimizar o problema ambiental causado pela erosão, mostrando-se eficaz para a elaboração de cartas de risco de erosão.

A USLE, para estimativa da perda anual de solo, utiliza os fatores erosividade da chuva e da enxurrada, a erodibilidade do solo, comprimento da encosta e declividade do terreno, cobertura vegetal e manejo do solo, e práticas conservacionistas. Erosividade, erodibilidade e as condições topográficas da área definem o Potencial Natural de Erosão – PNE.

Neste trabalho, a partir da interpretação de imagens de satélite de alta resolução e de informações oriundas de mapas, aplicando-se a USLE, elabora-se a representação cartográfica do Potencial de Erosão do trecho final da bacia hidrográfica do Rio Itanhém, que faz parte da III Região de Planejamento e Gestão das Águas do Estado da Bahia (Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu) – III RPGA.

A utilização de Sistema de Informações Geográficas ou Sistema de Informações Georreferenciadas – SIG - como instrumento fundamental neste trabalho, ao aplicar relações topológicas entre as fontes dos dados, proporciona eficácia na caracterização e automatiza a produção de documentos cartográficos.

2 – METODOLOGIA

O estudo foi aplicado ao trecho do curso final do rio Itanhém, compreendendo 1.462,3 km² ou 146.228 ha, localizado entre os municípios de Teixeira de Freitas, Alcobaça e Prado.

O potencial de erosão do trecho da bacia hidrográfica foi determinado por meio do cálculo da Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS (Universal Soil Loss Equation – USLE) (Wischmeier e Smith (1965, 1978)):

$$A = R.K.LS.C.P; \quad (1)$$

sendo:

A= perda média anual do solo, Mg/(ha.ano)

- a) Fatores que dependem das características naturais do meio físico: R= fator erosividade, em MJ.mm/(ha.h.ano); K= fator erodibilidade, em Mg.h/(MJ.mm) e LS= fator topográfico (adimensional), baseado nos valores do comprimento da rampa (em metros) e na declividade (em porcentagem)
- b) Fatores relacionados às formas de ocupação e uso do solo (ação antrópica): C= fator cultivo e manejo do solo (adimensional) e P= fator prática conservacionista (adimensional)

Todas as operações de geração de cartas em arquivos raster e vetoriais, cruzamento e sobreposição de planos de informações, interpretação de imagem de satélite e ações de edição foram feitas utilizando-se o software ArcMap 9.3.

Os valores determinados para as classes existentes na carta do Potencial Natural de Erosão – PNE foram obtidos por meio da multiplicação dos valores estabelecidos para erosividade (R), erodibilidade (K) e fator topográfico (LS).

Inicialmente foi feito a sobreposição e o cruzamento das cartas dos tipos de solos e de declividade, gerando classes, sendo que algumas que não ocupavam áreas contíguas ou de grande extensão (polígonos irregulares) foram divididas de maneira a formar planos de informação (PI) individualizados.

Para a determinação do potencial de erosão, na definição das regras, cada plano de informação gerado nesta primeira operação foi codificado, conforme exemplificado na FIGURA 1

A FIGURA 2 mostra a carta das classes de solos existentes na área de estudo, gerada em arquivo vetorial, reproduzindo parte do mapa editado em escala 1:1.000.000 contido em SRH (BAHIA (1997)).

A carta de declividade mostrada na FIGURA 3 foi elaborada por meio da interpolação dos pontos cotados (shape vetorial) oriundos do mapeamento realizado pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais - SEI (BAHIA (2008)).

O fator erosividade foi estabelecido a partir dos valores médios dos dados históricos da pluviosidade, obtidos na Comissão Executiva de Planejamento da lavoura Cacaueira - CEPLAC,

originários da estação localizada na Escola Média de Agricultura da Região Cacaueira - EMARC / Teixeira de Freitas (período de 1982 – 2011), e da estação pluviométrica de Prado (período de 1970 a 1985), publicados em BRASIL, 1997. O cálculo do fator K foi feito através da equação, estabelecida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980), citado por Bertoni e Lombardi Neto (2012):

$$R = \sum EI = \sum \{67,355 \cdot (p^2/P)^{0,85}\}; \quad (2)$$

sendo,

R= erosividade anual da área, em MJ.mm/(ha.h.ano)

EI= índice médio de erosividade mensal, em MJ.mm/(ha.h.mês)

p= precipitação total média mensal, em mm

P= precipitação total média anual, em mm

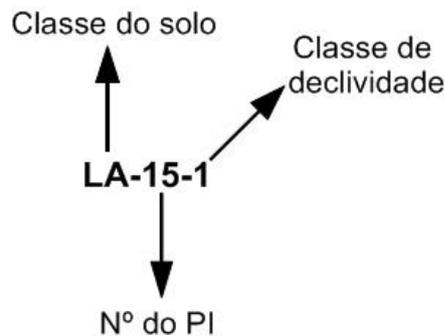


FIGURA 1: Código utilizado para os Planos de Informações - PI

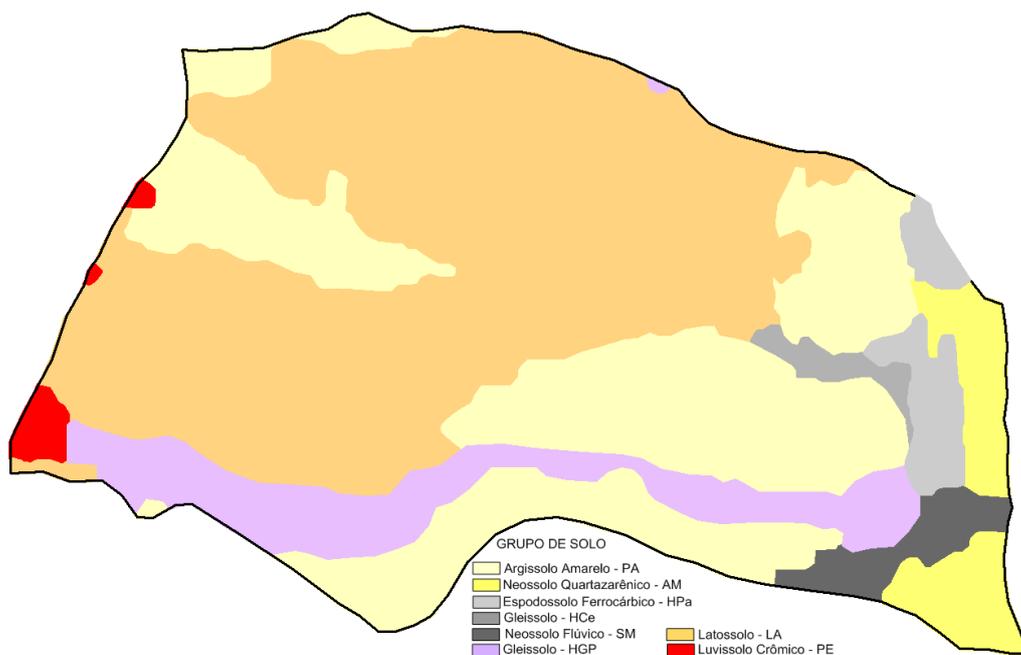


FIGURA 2: Classes de solo da área de estudo, com nomenclatura atual
Fonte: adaptado de SRH (BAHIA, 1997)

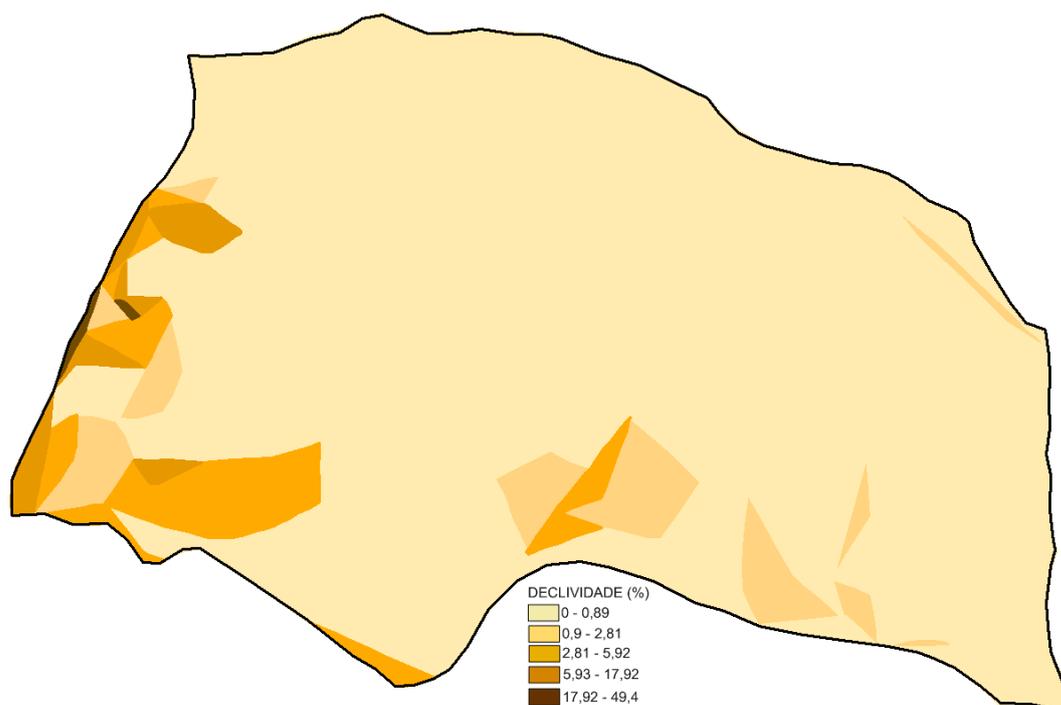


FIGURA 3: Classes de declividade da área de estudo
 Fonte: elaborado a partir de dados de SEI (BAHIA, 2008)

O valor obtido para erosividade é indicado na TABELA 1.

TABELA 1: Dados pluviométricos e cálculo da erosividade

MÊS	CEPLAC/EMARC Média 1981/2011 (mm)	PRADO Média 1970/1985 (mm)	Média (p em mm)	EI MJ.mm/(ha.h.mês)
Jan	93,4	105,6	99,5	394,5
Fev	74,4	79,6	77,0	255,0
Mar	124,3	126	125,2	582,6
Abr	102,7	144,5	123,6	570,2
Mai	64,0	119,9	92,0	345,0
Jun	51,4	109,6	80,5	275,0
Jul	64,5	110,2	87,4	316,2
Ago	40,7	96,4	68,6	209,4
Set	61,3	124	92,6	349,3
Out	91,4	168,3	129,9	620,3
Nov	153,5	136,6	145,1	748,8
Dez	134,8	98	116,4	515,0
	CEPLAC / EMARC Média anual (mm)	PRADO Média anual (mm)	Média (P em mm)	R = Σ EI MJ.mm/(ha.h.ano)
	1056,4	1418,7	1237,5	5181,0

A determinação do valor da erodibilidade foi feita com base em estudos publicados, conforme especificados na TABELA 2:

Tabela 2: Grupos de solos existentes na área de estudo e valor de K adotado

GRANDES GRUPOS DE SOLO			K em
CÓDIGO	CLASSIFICAÇÃO ANTIGA	CLASSIFICAÇÃO ATUAL	Mg.h/(MJ.mm)
PA	Podzólico Amarelo álico distrófico	Argissolo Amarelo	0,045 ⁽²⁾
LA	Latossolo Amarelo álico	Latossolo	0,020 ⁽¹⁾
HGP	Gley Pouco Húmico álico distrófico	Gleissolo	0,004 ⁽³⁾
AM	Areias Quartzosas Marinhas	Neossolo Quartzarênico	0,027 ⁽¹⁾
HCe	Hidromórfico Cinzento	Gleissolo	0,031 ⁽¹⁾
HPa	Podzol Hidromórfico	Espodosolos Ferrocárbico	0,031 ⁽¹⁾
PE	Podzólico Vermelho Escuro eutrófico	Luvisolo Crômico	0,008 ⁽⁴⁾
SM	Solos Indiscriminados de Mangue	Neossolo Flúvico	0,029 (1)

⁽¹⁾ Batista (1997); ⁽²⁾ Silva (1994); ⁽³⁾ Galdino et al. (1994); ⁽⁴⁾ Silva et al.(1986);
⁽²⁾⁽⁴⁾ apud Sá et al. (2004)

A definição do valor da declividade a ser aplicado no cálculo do fator topográfico foi procedida estabelecendo-se um valor acima da média para cada faixa obtida por meio de simulação a partir dos pontos cotados (FIGURA 3), conforme especificado na TABELA 3.

O comprimento da rampa foi estipulado para todos os PI's, gerado pelo cruzamento e sobreposição das cartas de solo e de declividade pelo método do retângulo equivalente, modificado por Vilela e Matos (1975), citado por Valle Júnior et al. (2010). Foi observada a área de cada polígono e o somatório de todas as redes de drenagem contida no seu interior. Em algumas situações, por falta da delimitação da rede de drenagem no PI, foi feita a medição direta na carta, tomando por base a disposição espacial do polígono em relação às curvas de níveis da área, essas que também foram delineadas a partir dos dados dos pontos cotados.

TABELA 3: Valor adotado da declividade por faixa estabelecida por meio de simulação

FAIXA DE DECLIVIDADE (%)	DECLIVIDADE (S) ADOTADA (%)
0 – 0,89	1
0,9 - 2,81	2,5
2,81 - 5,92	5
5,92 - 17,92	15
17,92 - 49,4	45

Assim, depois de editadas as classes originadas da multiplicação dos fatores erosividade (R), erodibilidade (K) e topográficos (LS), que definem o Potencial Natural de Erosão - PNE, foi elaborada a carta deste tema para a área de estudo, avaliando essas classes com relação ao critério estabelecido por Weill et al. (2001) e também utilizados por Pedro e Lorandi (2004).

Após essa etapa, os PI's que apresentaram PNE médio, alto e muito alto foram reinterpretadas de acordo com os critérios estabelecidos por FAO (1967, 1980).

Para a avaliação de acordo com o citado referencial, os valores do PNE desses PI's foram multiplicados pelos fatores uso e conservação do solo (C) e práticas conservacionistas (P), cujos valores adotados estão especificados na TABELA 4.

Os valores utilizados para os fatores P e C foram ajustados de acordo com as características da área de estudo, tomando por base os estudos desenvolvidos por Silva (2004) e Ruhoff et al. (2006), e a conceitos teóricos definidos por Bertoni e Lombardi (2012) .

TABELA 4: Valores adotados para os fatores uso e conservação do solo (P) e práticas conservacionistas

Classe de uso da terra	Fator C	Fator P	CP
Florestas	0,010	0,5	0,005
Pastagem	0,025	1,0	0,025
Campos	0,026	1,0	0,026
Agricultura	0,180	0,75	0,135
Agricultura irrigada	0,360	1,0	0,360
Solos expostos	0,404	1,0	0,404

Para a análise e avaliação desses fatores, os planos de informações evidenciados foram editados por meio da sobreposição em imagem de satélite SPOT, de abril 2010, resolução de 2,5 m (SUZANO PAPEL E CELULOSE, 2010).

Para atender a necessidade da obtenção de informações oriundas da interpretação de imagem de satélite, a área mapeada foi ajustada com relação ao tamanho das imagens e sua interseção com a área de estudo.

3 - DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE EROSÃO

O cruzamento e sobreposição das cartas de solo e de declividade geraram 94 (noventa e quatro) PI's distintamente espacializados, possibilitando o cálculo do PNE para cada plano.

Esses PI's representam áreas com diferentes dimensões e com características particularizadas, principalmente no que se concerne aos valores do fator topográfico, fortemente influenciado pela declividade da rampa.

A FIGURA 4 mostra a representação cartográfica desses resultados.

Observa-se também que, de forma ampla, a baixa declividade é característica da área de estudo.

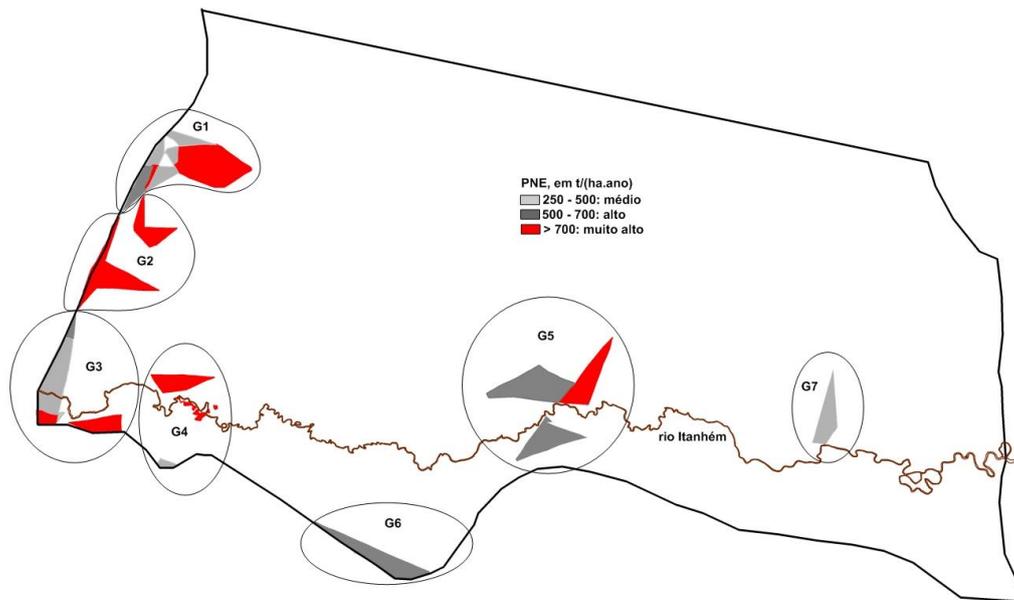


FIGURA 4: Carta do PNE do trecho da bacia hidrográfica do rio Itanhém

Do total de 94 (noventa e quatro) PI's analisados, 24 (vinte e quatro) desses planos apresentaram valores que os classificam como área de médio a muito alto PNE.

Verificouse que entre os grandes grupos de solo existentes na área de estudo, as áreas constituídas por Latossolo, Argissolo e Luvisolo demandam maior atenção com relação ao potencial de erosão.

Observando-se a totalidade dos valores do PNE, pode-se afirmar que para áreas que são constituídas por Latossolos, as quais formam a maior parte deste trecho da bacia hidrográfica, a topografia é fator mais importante para a elevação dos valores do PNE. Também, as áreas com Luvisolo, tratando-se de solo considerado pouco erodível e que se encontram nos locais mais declivosos, o fator topográfico é determinante para o PNE. Para as áreas com Argissolo (atual grupo onde estão incluídos os anteriores Podzólicos), solos mais susceptíveis à erosão, tanto o fator erodibilidade quanto o fator topográfico são decisivos.

A FIGURA 5 mostra a representação resultante da análise dos (25) vinte e cinco PI's que se apresentam nas classes de PNE médio, alto e muito alto (apresentados agrupados na FIGURA 4), após a aplicação dos fatores uso e conservação do solo e práticas conservacionistas, complementando-se o cálculo da Equação Universal de Perdas Solo - EUPS (WISCHMEIER E SMITH, 1965, 1978). A avaliação final do trecho da bacia hidrográfica do rio Itanhém foi procedida com base nos critérios estabelecidos por FAO (1967, 1980), cujos valores adimensionais CP atribuídos para este estudo estão especificados na TABELA 4 (item Metodologia).

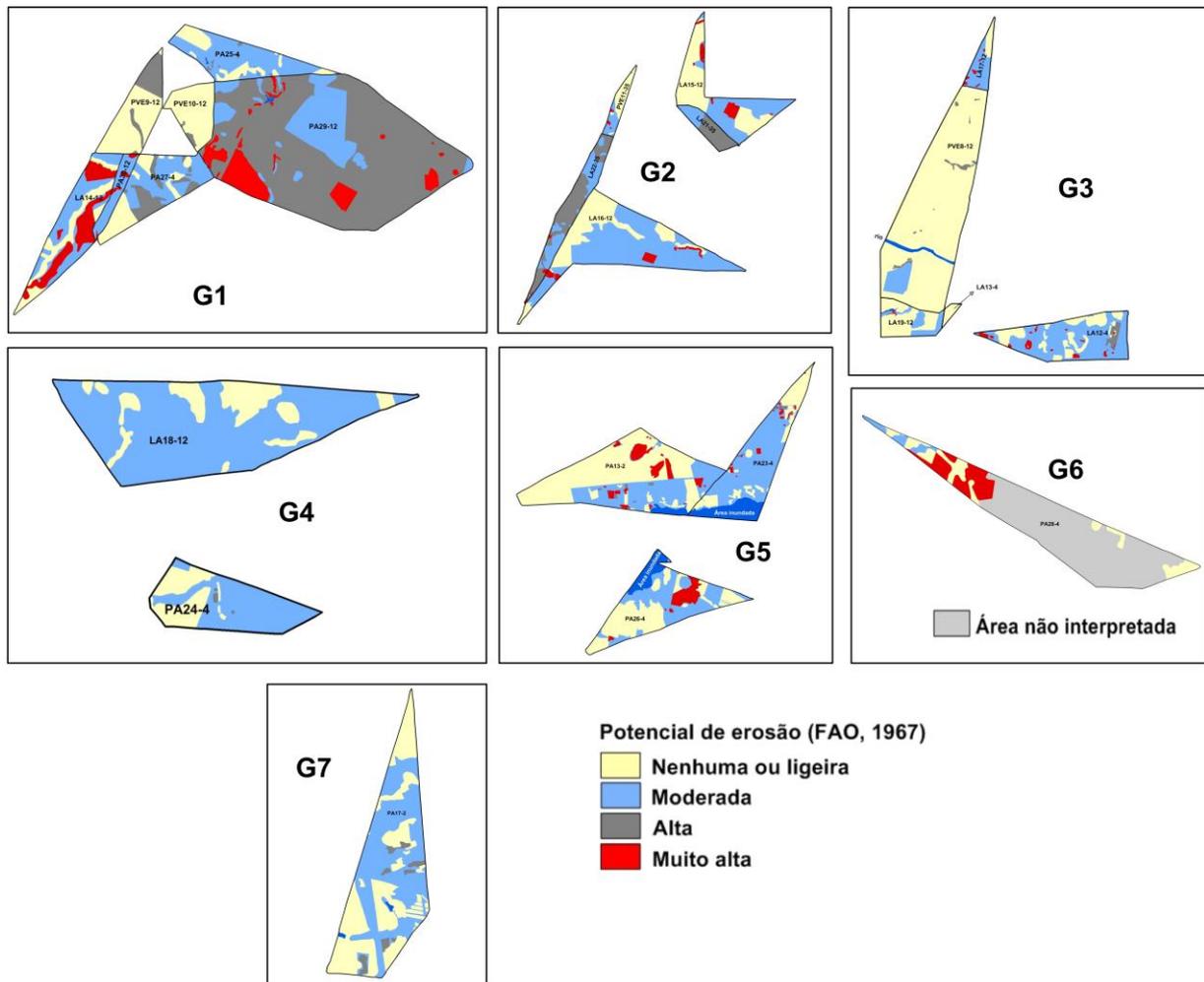


FIGURA 5: Representação do potencial de erosão, resultante da análise PI's que se apresentam nas classes de PNE médio, alto e muito alto.

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As interpretações dos fatores C e P proporcionaram alterações das classes dos potenciais de erosão dos PI's analisados em níveis mais detalhados. Foram identificadas áreas muito extensas com floresta plantadas e nativas, pastagens degradadas e campos, além de áreas menores com agricultura e solos expostos.

O estudo realizado possibilitou o mapeamento dos locais críticos, com alto e muito alto potencial de erosão, e confirma que este trecho da bacia hidrográfica é, por natureza, pouco propenso a erosão.

5 – BIBLIOGRAFIA

- BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais - SEI. Base Cartográfica do Estado da Bahia. Salvador, 2008. Planos de Informações, Escala 1:100.000. 1 CD-ROM.
- BAHIA. Superintendência de Recursos Hídricos - SRH. Plano Diretor de Recursos Hídricos. Salvador, 1997.
- BATISTA, G. M. M. Diagnóstico ambiental da perda laminar de solos por meio do geoprocessamento. 1997. 112 p. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo, Ícone Editora, ed. 8, 2012. 335 p.
- BORDAS, M. P.; SEMMELMANN, F. R. Elementos de Engenharia de Sedimentos. In TUCCI C. E. M. (org). Hidrologia – Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2004. 943 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – F.A.O. Metodologia provisional para evaluation de la degradacion de los solos. Roma: FAO/PNUMA: UNEP: UNESCO, 1967. 86 p.
- GALDINO, S.; RISSO, A.; SORIANO, B. M. A.; VIEIRA, L. M.; PADOVANI, C. R.; POTT, A.; MELO, E. C.; ALMEIDA JÚNIOR, N. de; Perdas de Solo na Bacia do Alto Taquari. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Corumbá, n. 44, Dez 2003. 40 p.
- PEDRO, F. G.; LORANDI, R.; Potencial Natural de Erosão na Área Periurbana de São Carlos. Revista Brasileira de Cartografia, n. 56-01, 2004. p. 28-33.
- RUHOFF, A. L.; SOUZA, B. S. P. e; GIOTTO, E.; PEREIRA, R. S. Avaliação dos Processos Erosivos Através da Equação Universal de Perdas de Solos, Implementada com Algoritmos em Legal. Santa Maria, Geomática. v.1, n. 1, 2006. p. 12-22.
- SÁ, M. A. C. de; LIMA, J. M. de; CURI, N.; MASSAROTO, J. A.; MARQUES, J. J. G. de S. e M. Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultra-som e atributos de solos com horizonte B textural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 7, p. 691-699, Jul 2004.
- SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P.; CAMPOS FILHO, O. R. Erodibilidade de seis solos do semi-árido paraibano obtida com chuva simulada e método monográfico. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 10, p. 283-287, 1986 apud SÁ et al., 2004.
- SILVA, J. R. C. Erodibilidade dos solos do Ceará: distribuição espacial e avaliação de métodos para sua determinação (1ª aproximação). 1994. 60p. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza apud SÁ et al., 2004.
- SILVA, V. C. Estimativa da Erosão Atual da Bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF). Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 3, n. 34, 2004. p. 147-159.
- SUZANO PAPEL E CELULOSE. Rio Itanhém – Trecho Teixeira de Freitas/ Alcobaça. 6 imagens satélite SPOT, 2010, 2,5 m, UM-S5_ MOSAICO_ ORTO _ 2M _99/101/111/161/171/181:TIFF. Abr 2010.
- VALLE JÚNIOR, R. F.; GALBIATTI, J. A.; MARTINS FILHO, M. V.; PISSARRA, T. C. T. Potencial de Erosão da Bacia do Rio Uberaba. Jaboticabal, Engenharia Agrícola, v. 30, n. 5, 2010. p.897-908.
- VILELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1975 apud VALLE JÚNIOR et al., 2010.
- WEILL, M.A. M.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. Potencial natural de erosão e riscos de degradação na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (SP). In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia, Anais em CD-Rom, 2001 apud PEDRO e LORANDI, 2004.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Washington, USDA/ARS, Agriculture Handbook, n. 537, 1978. 58p.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains – Guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington, USDA/ARS, Agriculture Handbook, n. 282, 1965. 58p.