

EROSÕES MECÂNICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL, JACIARA – MT, E SUAS DETERMINANTES SOCIOAMBIENTAIS

Cleberon Ribeiro de Jesus¹
João Batista Bezerra Ito²
Peter Zeilhofer³

RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Tenente Amaral, afluente do alto Rio São Lourenço, apresenta diversas formas de erosão mecânica oriundas de processo de escoamento superficial e remontante. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo aplicar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento acopladas a uma análise de regressão logística para avaliar a relação destas ocorrências com fatores geoambientais e de uso e ocupação da terra. O mapeamento das voçorocas foi efetuado a partir da interpretação visual de imagens de satélite SPOT-5 e visitas *in loco*. As ocorrências foram cruzadas com planos de informação do uso e ocupação da terra, unidades geológicas, pedológicas e geomorfológicas, modelo numérico do terreno, declividade e a distância para o próximo curso d'água. Foram detectados 39 processos de voçorocamentos afetando áreas entre 0,22 e 6,77 hectares presenças possuem relações significativas com a unidade geomorfológica, distância para a rede hidrográfica e o uso e ocupação da terra, como uma taxa geral de acerto de 85 % do modelo RL. O mapa de probabilidade relativa de ocorrência de voçorocas apresentado pode fornecer subsídios ao planejamento ambiental e a identificação de maiores riscos de desenvolvimento destas formas erosivas.

Palavras Chaves: Voçorocamento; SPOT-5; Geoprocessamento e Regressão Logística.

ABSTRACT

The watershed of the Tenente Amaral river, affluent of the upper São Lourenço river presents diverse forms of mechanical erosion, caused by overland flow and headward processes. In this context, present study aimed to apply remote sensing and GIS techniques paired with logistic regression to assess the relation of gully erosions with geo-environmental factors and land use and cover. Mapping of gully erosions was realized by the visual interpretation of a SPOT-5 satellite image and field surveys. Occurrences were intersected with data layers of land use and cover, geological, pedological geomorphological units, a digital elevation model, declivity and a distance map to the hydrographical network. A total of 39 gully erosions were mapped, with areas between 0.22 and 6.77 hectares. Presences were found to have a significant relationship with the geomorphological unit, distance to the hydrographical network and land use and cover, with an overall accuracy of 85% in the logistic model. The map of the relative probability of occurrences can provide support for environmental planning and the identification of major risk areas of gully erosions.

Keywords: Gully erosion; SPOT-5; Geomatics; Logistic Regression.

¹ Mestrando do Programa de Mestrado do Depto. de Geografia/UFMT - cleberufmt@hotmail.com

² Professor ICET/UFMT – jbbito2@yahoo.com.br

³ Professor Associado do Depto. de Geografia e POSGEO/UFMT – zeilhoferpeter@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As perdas concentradas e/ou descontroladas de solo por processos erosivos podem causar sérios problemas ambientais, resultando em impactos diretos nos mais diferentes ecossistemas (ROSA, 2001; CHAVES & GUERRA, 2006). Partindo da premissa que os estudos voltados aos processos erosivos no Brasil ainda são recentes, têm-se uma grande lacuna quando essa escala se torna regional, como é o caso no domínio do Cerrado, bioma que se caracteriza por uma elevada complexidade dos mais diversos fatores físicos e morfogenéticos (BACCARO, 2010; GUERRA E BOTELHO 2010).

Quando se busca por estudos detalhados dos potenciais instalados de degradação dos solos no Centro Oeste brasileiro, pode se deparar com a ausência de guias ou orientações técnicas de como sanar/amenizar os referidos impactos. Práticas operacionais do poder público em monitorar ou controlar os frequentes fenômenos erosivos são basicamente inexistentes.

Estes não somente afetam a produtividade em propriedades agrícolas pela redução da fertilidade dos solos, perda de área produtiva e aumento dos custos de produção (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012; CHAVES e GUERRA, 2006). Mas, favorecem a degradação dos recursos hídricos por sedimentação/assoreamento e contaminação dos mananciais (POESEN et al., 2003; BERTOL et al., 2004).

Entre os processos de degradação dos solos, as erosões mecânicas, em especial as voçorocas, são consideradas a forma mais intensa e destrutiva, com formações de estruturas de dezenas de metros de profundidade e centenas de metros de extensão, a partir da ação da erosão superficial e linear, *pipings*, escorregamentos e desmoronamentos das paredes naturais, provocando a surgência do aquífero semiconfinado, ou seja, atingindo seu nível de base (SALOMÃO, 2010).

Visto por essa ótica, existe uma necessidade suprimida de avaliações do grau de degradação em decorrência destes processos. Por serem onerosos e demorados e envolverem grandes áreas do conhecimento e uma gama de profissionais especializados, estes levantamentos devem ser subsidiados pela aplicação de métodos da Geotecnologia, isso em escala de campo por equipamentos de levantamento topográfico como estações totais, GPS e escaneamento terrestre por laser (MARTÍNEZ et al., 2006, TAROLLI et al., 2012). E no trabalho de gabinete por análise de fotografias aéreas e imagens de Sensoriamento Remoto e outros tipos de dados espaciais tais como modelos

numéricos de terreno (MNT) (NACHTERGAELE e POESEN, 1999; OOSTWOUD et al., 2000; TAROLLI et al., 2012). Uma vez adquiridos, estes diversos conjuntos de dados podem ser analisados por técnicas de modelagem espacial, permitindo a modelagem do surgimento de voçorocas (*gullies*) (POESEN et al., 2003; PARKNER et al., 2007; TAROLLI et al., 2009), estimativas das perdas de solo (RUSTOMJI et al., 2008) ou a extrapolação espacial da densidade espacial de formas de erosão mecânica (KUHNER et al., 2010).

Uma das técnicas propicia a estimativa da probabilidade da ocorrência de fenômenos binários (casos versus não-casos), como por exemplo, a presença/ausência de formas de erosão é a Regressão Logística – RL (HOSMER e LEMESHOW, 2000). Estudos de caso para modelagem espacial de formas de erosão e estudos de sua relação com fatores socioambientais foram apresentados por Martinez et al. (2006) e Vanwallegem et al. (2008).

Neste contexto, o presente trabalho visa contribuir com uma análise da distribuição espacial do processo de voçorocamentos (*gully erosion*) e seus determinantes socioambientais, apresentando e validando um modelo espacial da probabilidade relativa da ocorrência destas formas na bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral - BHTA.

Este estudo pode subsidiar análises consecutivas na própria bacia, mas, também subsidiar futuras discussões sobre os eventos de assoreamento e seus impactos sofridos no Pantanal Mato-grossense, uma vez que a bacia do Rio Tenente Amaral é parte integrante das bacias que banham a planície alagável supracitada.

2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Tenente Amaral está localizada a cerca de 120 km a leste da capital Mato-grossense – Cuiabá. Entre as coordenadas 15° 08' S A 16° 00' e 55° 05' W A 55° 35' W, apresentando uma área de aproximadamente 859 km². O rio Tenente Amaral, afluente do rio São Lourenço, possui como principais tributários os córregos: Brilhante, Cachoerinha e Saia Branca (Fig. 01). Sua área de contribuição pertence na sua maior parte ao Município de Jaciara – MT, com pequenas porções das áreas de cabeceiras, nos municípios de Campo Verde e Santo Antônio de Leverger.

A bacia do rio Tenente Amaral, segundo BRASIL (1982), encontra-se em área de domínio da Savana Arbórea Residual (Cerrado) e remanescente de Floresta

Estacional Semidecidual, toda via, está intensamente antropizada. A vegetação natural remanescente incluindo as Matas Ciliares possui abrangência de somente 23% de toda a bacia.

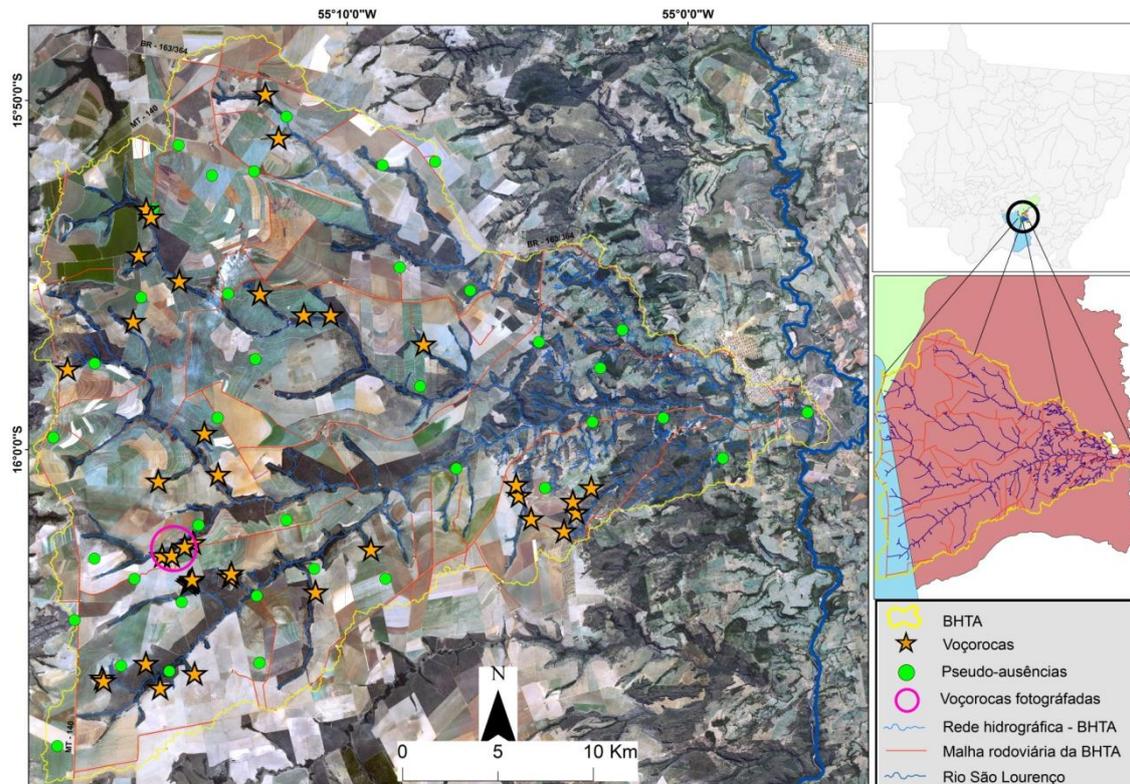


Figura 01: Bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral – Jaciara/MT, em uma imagem SPOT do dia 27 de agosto de 2007 com localização das voçorocas e pseudo-ausências geradas para modelagem espacial.

A estratigrafia geológica da bacia é composta por três Formações:

- Ponta Grossa: que se apresenta constituída por sedimentos clásticos finos a muito finos, com arenitos na base folhelhos silticos e argilosos e siltitos no topo, sendo predominante em grande parte da Bacia do Alto Rio Paraguai, desde o Município de Chapada dos Guimarães até as regiões de Dom Aquino e Jaciara;
- Furnas: constituída por conglomerados na base e arenitos no topo, contendo por vezes intercalações de níveis argilosos e siltíticos, e
- Cachoeirinha: uma unidade estratigráfica basal do Terciário, sendo descrita como constituída por lentes de areias finas a grossas, argilosas e cascalhosas (SEPLAN, 2007).

Como principais unidades geomorfológicas são encontradas:

- Sistema de blocos falhados (Sf). Esta unidade apresenta-se de acordo com a classificação da SEPLAN-MT (2007), com média dissecação e próxima ao exutório da sub-bacia Tenente Amaral.
- Sistemas de Aplainamento (Ap). Esta unidade está pontuada na maior parte da sub-bacia hidrográfica com uma conformação plana, o que configura condições propícias para a produção agrícola.

As unidades pedológicas incidentes na área são constituídas principalmente por Latossolos Vermelho, Latossolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Quartzarênicos (antigas Areias Quartzosas) e Argissolos (antigos Podzólicos) Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999). O clima predominante, de acordo com a classificação de Koeppen, enquadra-se no tipo climático Aw de Clima de Savana (MAITELLI, 2005). Sobre os aspectos econômicos, a área de estudo está inserida em um amplo processo de ocupação e produção de grãos e o cultivo da cana-de-açúcar, resultado do avanço da fronteira agrícola de Mato Grosso, que se iniciou a partir das décadas de 1960 e 1970 devido às políticas/planos governamentais. O uso da terra na área de estudo nos possibilita observar áreas de atividades ligadas à pecuária bovina extensiva espacializadas principalmente na porção sul, sudeste e nordeste, onde Barros (2011) expõe que sua área de abrangência encontra-se em torno de 33% do total da área da bacia.

Nas porções sul, sudoeste, norte e noroeste, apresentam um predomínio de atividades agrícolas, como o milho, cana-de-açúcar, algodão e a soja entre outras, representando uma área de 44% da bacia do Tenente Amaral. Fato potencializado principalmente pela morfologia do relevo, que tende a ser plana a levemente ondulada, facilitando o uso intenso dos maquinários no manejo agrícola.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Variáveis do modelo

As variáveis dependentes (formas de voçorocamento) e independentes foram processadas e/ou elaboradas a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, subsidiadas por visitas de campo. Todos os trabalhos de análise espacial foram realizados a partir do software ArcGIS, versão 9.3 (ESRI).

As formas de voçorocamento foram mapeadas a partir de imagens do satélite SPOT-5 multiespectral (Bandas 5.4.3), com resolução de 10 m, de 27 de agosto de 2007 do período seco na região. As imagens foram reprojctadas para o sistema SIRGAS 2000. Todos os outros sete Planos de Informações (PI's) foram ajustados geometricamente a imagem SPOT georreferenciada, e recortados para os limites da bacia, conforme Tabela 01.

Tabela 01: Variáveis dependentes (d) e independentes utilizadas para modelagem espacial da probabilidade relativa e sua origem.

| Variável | Significado | Origem | Unidade |
|-------------|---|--|-----------|
| Voç* | Formas de voçorocamento | Interpretação visual de imagem SPOT-5 | - |
| Uso | Uso e ocupação da terra | Interpretação visual de imagem SPOT-5 | 4 classes |
| Geo | Unidades geomorfológicas | SEPLAN/MT (2007), limites ajustados | 2 classes |
| Lit | Unidade litoestratigráficas | SEPLAN/MT (2007), limites ajustados | 3 classes |
| Ped | Unidades pedológicas | SEPLAN/MT (2007), limites ajustados | 3 classes |
| Ele | Elevação | MNT – TOPODATA (SRTM) | m |
| Dec | Declividade | Análise do MNT - TOPODATA (SRTM) | % |
| Dis | Distância euclidiana para rede hidrográfica | Análise de distância, baseada na rede hidrográfica extraída da imagem SPOT | m |

* Variável dependente.

As variáveis independentes foram representadas por sete planos de informação. O mapa de uso e ocupação da terra (Uso) referente ao ano de 2010 que foi elaborado pela WWF – Brasil (2011). As unidades geomorfológicas (Geo), litoestratigráficas (Lit), e pedológicas (Ped) são provenientes da SEPLAN (2007). Os limites das suas unidades foram ajustados a partir da imagem SPOT-5 por interpretação visual. O PI da elevação do terreno (Ele) é referente ao Modelo Numérico do Terreno (MNT) – TOPODATA/INPE, elaborado por interpolação geoestatística a partir do MNT/SRTM

(VALERIANO e ROSSETTI, 2011). Deste MNT, com resolução espacial de 30 m foi derivado o PI da declividade (Dec). Para o desenvolvimento do modelo de Regressão Logística, os PI's vetoriais de Uso, Geo, Lit e Ped foram rasterizados a mesma resolução espacial de 30 m do MNT/*TOPODATA*. A distância euclidiana para a rede hidrográfica (Dis) foi estimada a partir da rede hidrográfica extraída por interpretação das imagens SPOT-5.

3.2. Modelagem espacial

A construção do modelo espacial preditivo da probabilidade relativa da ocorrência de voçorocamento na bacia foi realizada a partir da regressão logística (RL), na qual é descrita a probabilidade relativa de um evento estudado ocorrer. O ajuste de uma RL ocorre para uma variável de resposta dicotômica ou binária, a partir de uma ou várias variáveis independentes ou explanatórias que podem ter escala real, de intervalo, ordinal ou nominal. A probabilidade é representada por um valor de 0 a 1 e a RL pode ser formalizada de forma geral pela equação a seguir:

$$g(P_i) = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i$$

Onde, $g(P_i)$ = função de ligação; P_i = probabilidade de resposta para o i -ésimo fator (ou co-variante); β_i = coeficientes; x_i = variáveis independentes.

Foi aplicada uma RL do tipo passo a passo (*stepwise*) com seleção para trás (*backward selction*). As RL's estimam o acerto de casos e não-casos. Para a construção do modelo foi, portanto, necessário a criação de chamadas pseudo-ausências, que consistem em lugares aleatoriamente selecionados. Como foram identificados 39 voçorocamentos na bacia foi gerado o mesmo número de pseudo-ausências utilizando respectivamente as ferramentas do ArcGIS 9.3 (ESRI).

Para verificar a qualidade de predição do modelo de regressão logística foi calculado o coeficiente de determinação R^2 de *Nagelkerke*, que mede a variância dos eventos, não-eventos e o desempenho real.

RESULTADOS

Na interpretação da imagem SPOT-5 foram identificadas 39 voçorocas na bacia do rio Tenente Amaral, com áreas entre 0,22 a 6,77 ha e uma mediana de 1,47 ha (Figura 01). Fotografias obliquas de três voçorocas mapeadas são expostas na Figura 02 a/b/c¹ e c².

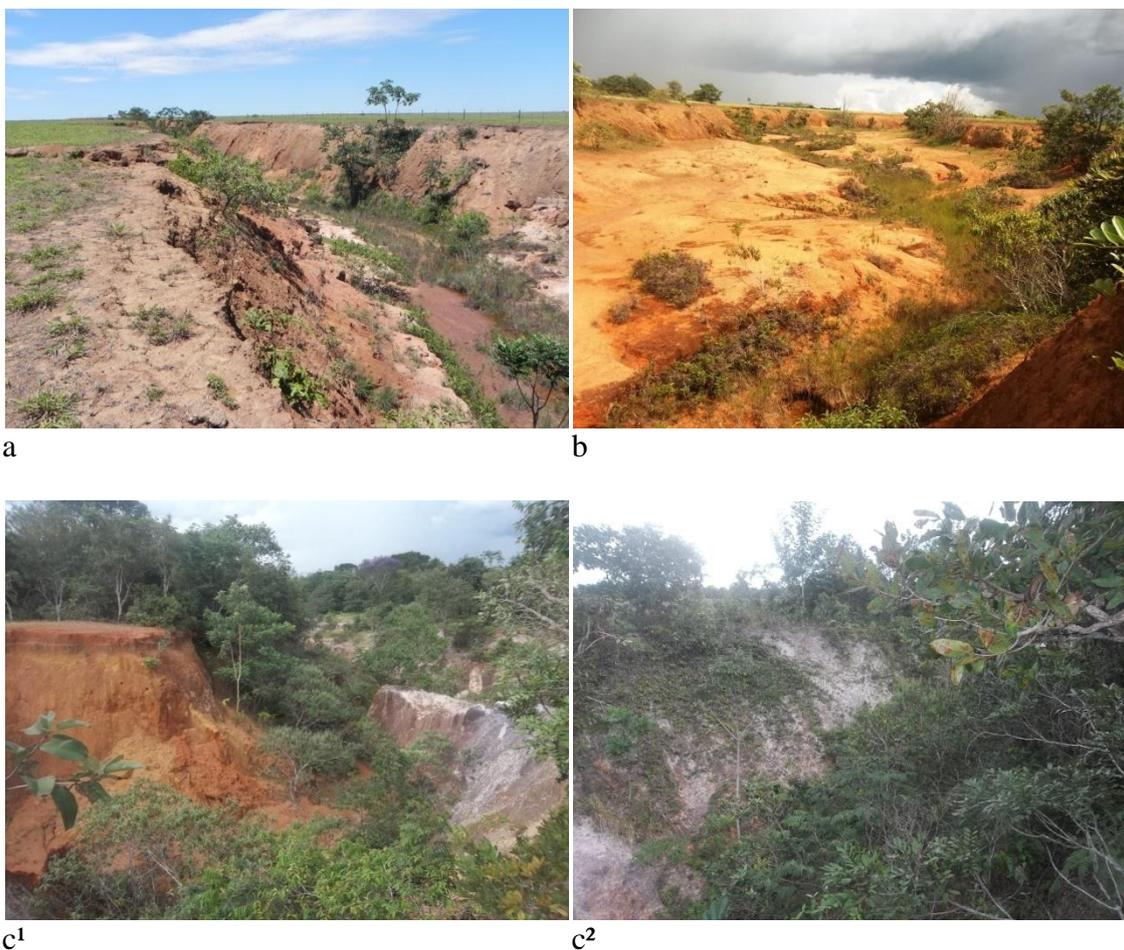


Figura 02: Três formas de voçorocamentos encontradas na bacia do rio Tenente Amaral (Localizadas vide Figura 01).

Os PI's das variáveis independentes que foram testados por seu poder preditivo para a modelagem de probabilidade relativa de ocorrência de voçorocamentos são expostos nas Figuras 3^a – 3g.

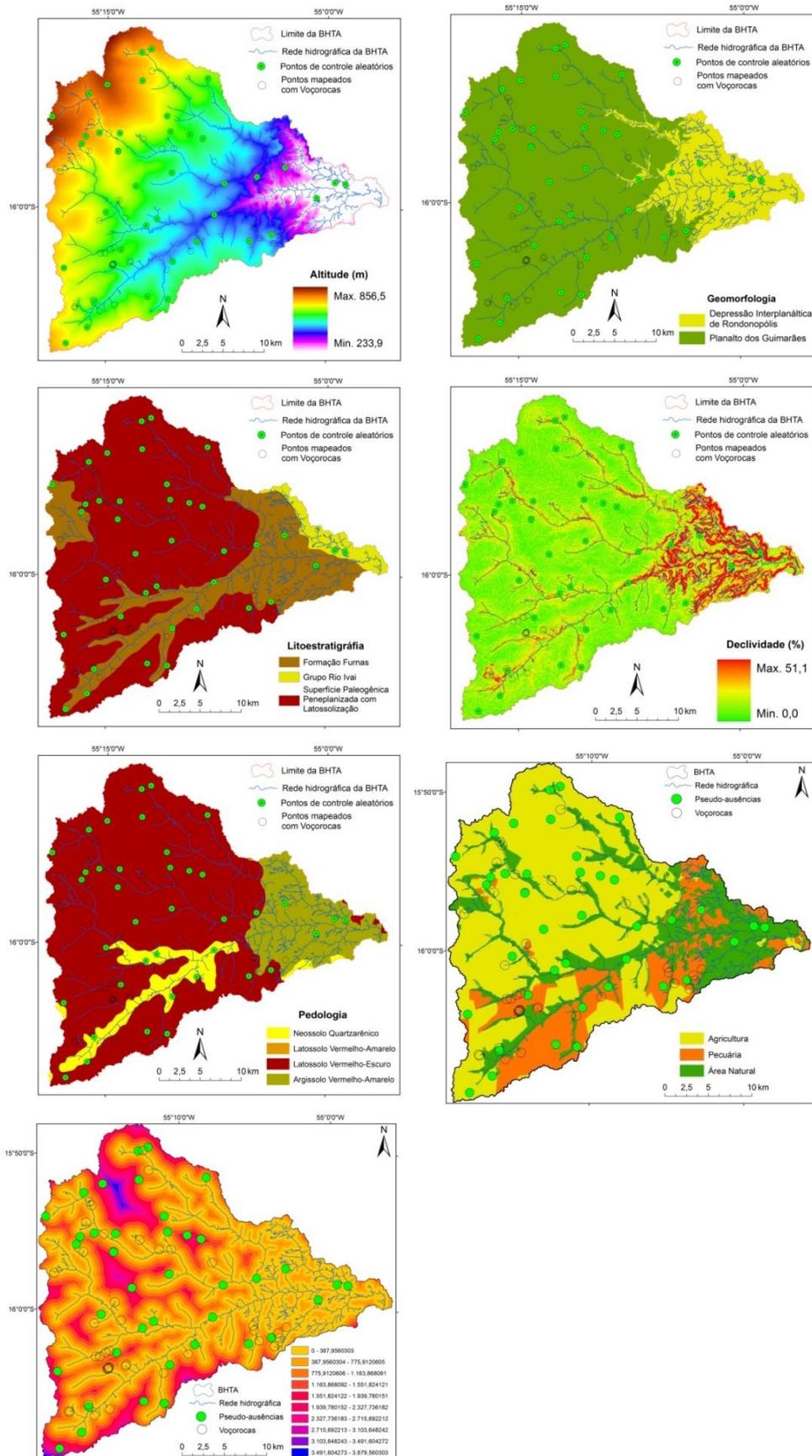


Figura 03: Planos de Informação das variáveis independentes testados na RL: a) Altimetria; b) Geomorfologia; c) Litoestratigrafia; d) Declividade; e) Pedologia; f) Uso da terra, e g) Distância para a rede de drenagem.

O modelo de RL, utilizando o método *Backward Ward*, identificou, no quinto passo de interação, as Unidades geomorfológicas, a Distância para a rede de drenagem e o Uso da terra como variáveis significativas para a probabilidade relativa da ocorrência de voçorocas, como mostra a Tabela 02.

Tabela 02: Modelo de Regressão Logística para a probabilidade de ocorrência de formas de erosão mecânica na bacia do rio Tenente Amaral.

| Codificação* | B | S.E. | Wald | DF | Sig. | Exp (B) |
|---------------------------|--------|-------|--------|----|------|---------|
| Geomorfologia (Depressão) | -2,590 | ,945 | 7,515 | 1 | ,006 | ,075 |
| Distância drenagem | -0,009 | ,003 | 12,457 | 1 | ,000 | ,991 |
| Uso (Agricultura) | 3,642 | 1,210 | 9,064 | 1 | ,003 | 38,163 |
| Uso (Pecuária) | 1,915 | ,987 | 3,762 | 1 | ,052 | 6,784 |
| Constante | 2,782 | ,877 | 10,063 | 1 | ,002 | 16,148 |

*Codificação das variáveis categóricas significativas: Geomorfologia (Depressão – 1, Planalto - 2); Uso e ocupação da terra (Agricultura – 1, Pecuária – 2, e Vegetação remanescente - 3).

A distância para a linha de drenagem mais próxima possui um maior valor preditivo (estatística de *Wald* de 12,457), e é altamente significativa ($p < 0,001$). Essa variável é inversamente relacionada com a ocorrência das voçorocas ($B = -0,009$), o que indica que o surgimento das formas de erosão mecânica é mais provável próximo da rede hidrográfica permanente. Da mesma forma os voçorocamentos na bacia ocorrem predominantemente na unidade geomorfológica do Planalto dos Guimarães, fato ilustrado pelo coeficiente B negativo de -2,590 para a unidade geomorfológica da Depressão Interplanáltica de Rondonópolis (estatística *Wald* de 7,515, $p < 0,01$). A atividade agrícola como classe de uso e ocupação da terra é um preditivo significativo ($p < 0,01$) e a pecuária um preditivo pouco significativo ($p < 0,10$).

A probabilidade relativa de ocorrência é ainda maior em áreas de cultivo (*Wald* de 9,064) do que em áreas de pecuária (estatística *Wald* de 3,762) e seu risco de ocorrência é reduzido, como esperado em áreas de Vegetação remanescente, devido suas características naturais semi-preservedas e/ou preservadas.

A classificação das áreas de voçorocamento e pseudo-ausências são preditas de forma satisfatória pelo modelo de Regressão Logística final, conforme exposto na Tabela 03, que apresenta 85,9 % de acertos nos casos e não-casos.

Tabela 03: Matriz de erro do modelo de Regressão Logística (*Backward Wald*) para a probabilidade relativa de ocorrência de formas de erosão mecânica na bacia do rio Tenente Amaral (*Negelkerke R. Square 0,621*).

| Observado | | | Predito | | |
|-----------|-------------------|---|---------|----|---------------------|
| | | | Bin | | Porcentagem correta |
| | | | 0 | 1 | |
| Passo 5 | Bin | 0 | 31 | 8 | 79,5 |
| | | 1 | 3 | 36 | 92,3 |
| | Porcentagem geral | | | | 85,9 |

O desenho do modelo é ainda superior para a classificação dos casos (92,3%), as variáveis identificadas como preditos significativos explica, 62,1 % da variação (*Negelkerke R. Square 0,621*).

O resultado da modelagem espacial da probabilidade relativa do voçorocamento na BHTA é exposto na Figura 04.

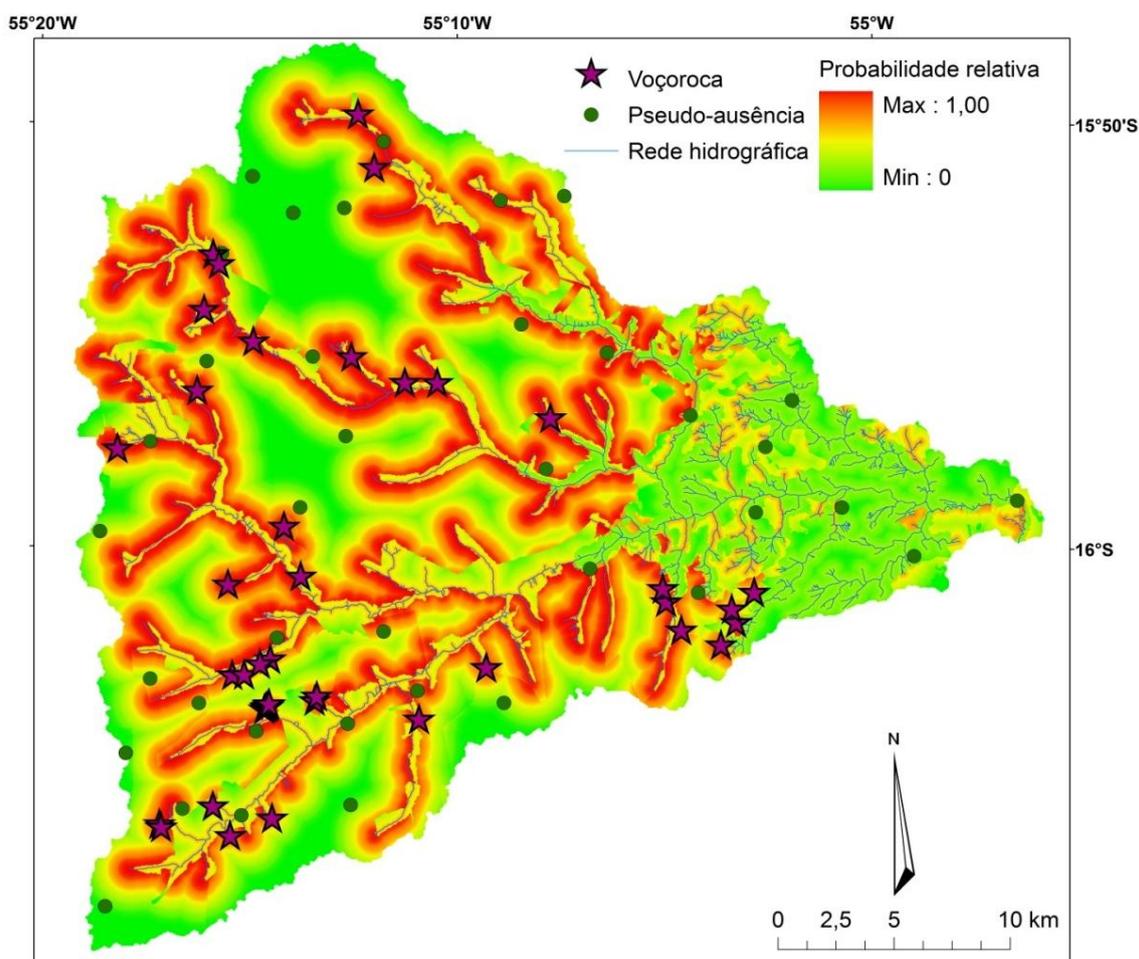


Figura 04: Modelo espacial da probabilidade relativa do voçorocamento da BHTA.

As maiores probabilidade ocorrem na região de Planalto da bacia, em áreas próximas a rede hidrográfica. As probabilidades nestas mesmas áreas são, entretanto, fortemente reduzidas em áreas com a vegetação natural preservada. Na parte baixa da bacia, nas formações paleozóicas sobre as quais desenvolvem principalmente solos rasos, as probabilidades da ocorrência de voçorocas diminuem fortemente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo visou uma avaliação das relações entre a presença de formas de voçorocamento e fatores socioambientais e sua importância relativa, como também desenvolver um modelo para mapeamento da probabilidade relativa da sua ocorrência.

Os resultados mostram que estas formas de erosão ocorrem frequentemente na bacia, com uma forma acima de cerca de 0,2 ha, a cada 20 km². Observou-se também que a distribuição espacial dos voçorocamentos não ocorre de forma aleatória na bacia estudada e que as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento acopladas com a técnica estatística de Regressão Logística podem ser utilizadas para o mapeamento da probabilidade relativa do desenvolvimento destas formas por sobreposição de mapas, como observado em outras regiões climáticas (MARTÍNEZ et al., 2004; VANWALLEGHEM et al., 2008).

As principais recomendações estão ligadas ao manejo adequado dos produtores agrícolas e pecuaristas, ao evitarem prover o uso da terra em áreas próximas à rede hidrográfica, especialmente nas áreas de cabeceiras, respeitando o Código Florestal Brasileiro. Outra recomendação importante seria a implementação das áreas de Reserva Legal adjacentes às Áreas de Preservação Permanente, nas proximidades das redes de drenagem, em especial nas áreas de cabeceiras, que apresentam um comportamento de drenagem difuso.

Neste contexto é importante a observação que o surgimento de voçorocamentos não está restrito a áreas de acentuados declives, pois como observado no PI de declividade da BHTA, elas se encontram predominantemente em declividades abaixo de 7% na unidade geomorfológica dos Planaltos. E que assim, técnicas de manejo em conservação dos solos são altamente recomendadas em todas as áreas nas proximidades das redes hidrográficas (em distâncias menores a 1 km) na região de planalto.

AGRADECIMENTOS

Os trabalhos de campo foram financiados por recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT no âmbito do projeto: *Nutrientes e pesticidas nas águas superficiais das principais bacias do Pantanal setentrional: uma abordagem integrada*.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, R. R.; ROCHA, E. A. V.; RODRIGUES, S. C. O estudo do desenvolvimento de uma voçoroca a partir da análise quantitativa e qualitativa de vazão e sedimentos transportados. In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology: Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas**. Goiânia, 6 a 10 de Setembro de 2006. Anais 196.

AMARAL, N. D. **Noções de conservação do solo**. – 2ª. ed. – São Paulo: Nobel, 1984.

ANTONELI, V. **Dinâmica do Uso da Terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na Bacia Hidrográfica do Arroio Boa Vista – Guamiranga – PR**. 2011, fls. 354. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Paraná: 2011.

BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 195 - 223.

BARROS, A. O. **Aplicabilidade da lógica Fuzzy para classificação do uso da terra na bacia do rio Tenente Amaral em Jaciara/MT**. Cuiabá, 2011. 101 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso.

BERTOL, I.; LEITE, D.; GUADAGNIN, J. C.; RITTER, S. R. **Erosão hídrica em um Nitossolo Háptico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:1045-1054, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. – 8ª. ed. – São Paulo: Ícone, 2012.

BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG: Novos sistemas sensores: métodos inovadores** (Versão brasileira atualizada e organizada). – São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

BOEGH E.; THORSEN M.; BUTTS M. B.; HANSEN S.; CHRISTIANSEN J. S.; ABRAHAMSEN P.; HASAGER C. B.; JENSEN N. O.; VAN DER KEUR P.; REFSGAARD J. C.; SCHELDE K.; SOEGAARD H.; THOMSEN A. **Incorporating**

remote sensing data in physically based distributed agro-hydrological modelling. Journal of Hydrology 287:279–299, 2004.

BOTELLHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** 6ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 269 - 293.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos.** (Tradução Técnica: Igo Fernando Lepsch). – 3ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013. BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. PROJETO RADAMBRASIL. **Folha SD. 21.** Cuiabá. Rio de Janeiro, 1982.

CAMARGO, L (Org.). **Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômico-ecológica.** Cuiabá – MT: Entrelinhas, 2011.

CASTANHA, M. **Análise de risco ecológico sobre os sistemas aquáticos na bacia do rio Tenente Amaral em Jaciara-MT:** com ênfase na atividade agropecuária (Dissertação). Cuiabá, 2012. 100 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso.

CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. **Solos Agrícolas.** Campina Grande: EDUFPG, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS.** [Editores Técnico: SANTOS, H. G. et. al.]. – 2ª. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** -- 3. ed. ampl. e atual. – São Paulo: Oficinas de Textos, 2011.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos Solos. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil.** – 6ª. ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, p. 181-198.

KUHNERT, P. M., HENDERSON, A-K., BARTLEY, R., HERR, A. **Incorporating uncertainty in gully erosion calculations using random forest modeling approach.** *Environmetrics*, 21:493-509, 2010.

LILLEN SAND, T.; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image interpretation.** 3. ed. New York John Wiley e Sons, 1994.

MAITELLI, G. T. Interações atmosfera-superfície: o clima. In: MORENO, G; TEREZA HIGA, T.C.S; MAITELLI, G.T. (Org.). **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente.** Cuiabá: Entrelinhas, 2005. p. 238-249.

MARTÍNEZ, M. M., ARNAU, E. R., CALVO, A. C., CASTILLOA, V., ALBALADEJOA, J. **Measuring soil erosion by Field plots: Understanding the sources of variation.** *Earth-Science Reviws.* Volume 78, Issues 3-4, pag. 267-285, 2006.

NACHTERGAELE, J., POESEN, J. **Assessment of soil losses by ephemeral gully erosion using high-altitude (stereo) aerial photographs.** Earth Surface Processes and Landforms, 24:693-706, 1999.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blucher, 1992. 25 – 49 p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada.** 3ª. ed. Piracicaba: FELAQ, 2008.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** 6ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 57 – 94.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** 6. ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 57 – 94.

OOSTEWOUW WIJDENES, D. J., POESEN, J., VANDEKERCKHOVE, L., GHESQUIERE, M. **Spatial distribution of gully head activity and sediment supply along an ephemeral channel in a Mediterranean environment.** Catena 39:147-167, 2000.

PAES DE BARROS, L. T. L. **Estudo fenomenológico em uma comunidade de floresta hidrófila e relações com alguns fatores ambientais, setor de cabeceiras do Rio Tenente Amaral – município de Jaciara – MT.** 1998, fls. 111. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Cuiabá, 1998.

PARKNER, T., PAGE, M., MARDEN, M., MARUTANI, T. **Gully systems under undisturbed indigenous forest, east coast region, New Zealand.** Geomorphology, 84:241 – 253, 2007.

POESEN, J. NACHTERGAELE, J., VERSTRAETEN, G., VALENTIN, C. **Gully erosion and everonmental change: Importance and research needs.** Catena, 50:91-133, 2003.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento Superficial.** 2ª. ed. – Viçosa: UFV, 2004.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. F. Técnicas de Hidrografia. In: VENTURI, Luís Antônio Bittar. (Org.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula.** – São Paulo: Editora Srandi, 2011.

ROSA, R. **Erosão laminar potencial em Microbacias Hidrográficas.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7, Goiânia (GO). Anais, 03 a 06 de Maio de 2001.

RUSTOMJI, P., CAITCHEON, G., HAIRSINE, P. **Combining a spatial model with geochemical tracers and river station data to construct a catchment sediment budget.** Water Resources Research, 44: W01422, 2008.

JESUZ, C. R.; ITO, J. B. B.; ZEILHOFER P. **ERSÕES MECÂNICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL, JACIARA – MT, E SUAS DETERMINANTES SOCIOAMBIENTAIS**

SALOMÃO, F. X. T. **Controle e Prevenção dos Processos Erosivos**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 6ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 229 - 265.

SCHMUGGE T.J., KUSTAS W.P., RITCHIE J.C., JACKSON T.J., RANGO, A. (2002) **Remote sensing in hydrology**. *Adv Water Resour* 25,1367–1385.

SEPLAN. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso – PRODEAGRO. **Mato Grosso: solos e paisagens**. Cuiabá – MT. 2007.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. – São Carlos: RiMa, 2003.

TAROLLI, P., ARROWNSMITH, J. R., VIVONI, E. R. **Understanding earth surface processes from remotely sensed digital terrain models**. *Geomorphology*, 113: 1-3, 2009.

TAROLLI, P., SOFIA, G., FONTANA, G. D. **Geomorphic features extraction from high-resolution topography: landslide crowns and bank erosion**. *Natural Hazards*, 61:65-83, 2012.

TOMMASI, L. C. **Avaliação de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB. 1994. 270p.

VALERIANO, M. M., ROSSETI, D. F. **Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data**. *Applied Geography* (Sevenoaks), v. 32, p. 300-309, 2011.

VANWALLEGHEM, T. et. al. **Spatial analysis of factors controlling the presence of closed depressions and gullies under forest: Application of rare event logistic regression**. *Geomorphology*, 95: 504-517, 2008.

VASCONCELOS, T. N. N. **Interpretação morfopedológica da bacia do rio Tenente Amaral - Jaciara-MT: condição básica para sua caracterização ambiental**. 1998, fls.160. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Cuiabá, 1998.

VEIGA, L. A. K; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia, engenharia cartográfica e de agrimensura da Universidade Federal do Paraná** (Apostila). Curitiba – PR, 2012. Disponível em: <<http://www.cartografica.ufpr.br/home/>> Acesso em: jul. 2012.

WWF BRASIL. **Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai – Porção Brasileira – Período de Análise: 2002 a 2008**. Iniciativa: CI – Conservação Internacional, ECOA - Ecologia e Ação, Fundación AVINA, Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil. Brasília, 2009.

WWF-BRASIL. **Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai – Porção Brasileira – Período de Análise: 2008 a 2010**. Iniciativa: CI – Conservação Internacional, ECOA - Ecologia e Ação, Fundación AVINA, Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil. Brasília, 2011.

JESUZ, C. R.; ITO, J. B. B.; ZEILHOFER P. ERSÕES MECÂNICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL, JACIARA – MT, E SUAS DETERMINANTES SOCIOAMBIENTAIS

ZERWES, L. C. **Análise do risco ecológico com base na qualidade de água na Bacia do Rio Tenente Amaral, município de Jaciara/MT.** 2013, fls. 119. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Cuiabá, 2013.