

Modelagem multitemporal da estimativa de perda de solos e análise da eficiência do programa produtor de água na bacia hidrográfica das nascentes do Rio Araguaia - GO/MT

José Akashi Júnior
UnB- DF

Ruth Elias de Paula Laranja
UnB-DF

RESUMO

A região das nascentes do rio Araguaia está localizada no Centro-Oeste brasileiro, abrangendo os estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Essa área pertence ao domínio do Cerrado e compreende o setor sul da alta bacia do rio Araguaia, próximo ao Parque Nacional das Emas (GO). O relevo é caracterizado por colinas convexas, amplas e médias, e vales côncavos, predominantemente antropizados devido à agricultura modernizada. Iniciada nas décadas de 1970 e 1980, essa modernização agrícola visava à expansão das fronteiras agrícolas, com investimentos maciços em tecnologia e monoculturas de grãos para exportação. Os principais beneficiados são grandes produtores, agroindústrias e empresas multinacionais do agronegócio.

Palavras-chave: Rio Araguaia, Agricultura modernizada, Desenvolvimento regional.

1 INTRODUÇÃO

A região das nascentes do grande rio Araguaia, se localiza no Centro-Oeste brasileiro, se distribuindo nos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Mais especificamente, está localizada entre as divisas dos municípios de Mineiros (extremo sudoeste goiano) e Alto Taquari (extremo sudeste mato-grossense), como mostra a figura 1.

Esta região se situa no Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná, em terras pertencentes ao domínio morfoclimático e fitogeográfico do Cerrado. Corresponde ao setor sul da alta bacia do rio Araguaia, onde se destaca sua proximidade com o Parque Nacional das Emas (GO).

A correspondente à alta bacia hidrográfica corresponde a uma superfície em processo de erosão diferenciada, onde se observam áreas elevadas, áreas rebaixadas, dissecadas e suavizadas, que contrasta, pois é cercada por um extenso planalto de relevo residual denominado Chapada ou Serra do Caiapó (MAMEDE et al, 1983; CASTRO, 2005).

O relevo da superfície rebaixada se caracteriza por suaves colinas convexas, amplas e médias, e fundos de vales côncavos. Nestas predominam declividades que variam de 0 a 14%, podendo nas cabeceiras das drenagens variar de 14 a 20%. As litologias da Formação Botucatu são preponderantes. Na sequência pedológica encontram-se Latossolos Vermelho-Amarelo e Neossolos Quartzarênicos

distróficos, respectivamente nos terços superior e médio das vertentes, e os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos nos fundos de vale (SOUSA JUNIOR et al., 1983; NOVAES, et al. 1983).

A superfície descrita corresponde, majoritariamente, à área da bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia. A quase totalidade dessa superfície rebaixada e dissecada se encontra antropizada, restando apenas algumas manchas de vegetação nas médias vertentes e ao longo de alguns segmentos de drenagem. Conforme demonstra o presente estudo, as vegetações savânicas foram extensivamente substituídas por atividades agrícolas, decorrendo em severas perdas de solo por processos erosivos.

Essa região, assim como grande parte das terras do domínio morfoclimático dos Cerrados, foi submetida a programas de implantação e desenvolvimento da agropecuária, que tiveram início em meados dos anos de 1970 e início dos anos de 1980, através da implantação de políticas consideradas desenvolvimentistas (Planos Nacionais de Desenvolvimento - PND) que visavam, sobretudo, à modernização da agricultura, bem como o processo de avanço das fronteiras agrícolas e ocupação das terras a oeste no Brasil (MIZUMOTO, 2009).

Essa agricultura modernizada pode ser caracterizada pelo grande volume de investimentos de capital, no desenvolvimento tecnológico, na concentração fundiária e nas monoculturas de grãos, destinadas principalmente à exportação (FREDERICO, 2013). Conforme o autor, os principais beneficiados pela modernização do campo são os grandes produtores agrícolas, grandes agroindústrias e empresas multinacionais fabricantes de agrotóxicos, maquinário agrícola e do comércio mundial de grãos.

Castro (2005) aponta que, associado ao processo de avanço da fronteira agrícola no Cerrado, desenvolveram na região das nascentes do rio Araguaia intensos e extensos processos erosivos hídricos lineares e laminares, com destaque à existência de um conjunto de voçorocas de grande extensão. Há elevada concentração de focos erosivos em toda essa área, que por sua vez, estão relacionados ao processo de desmatamento indiscriminado da vegetação original do Cerrado substituídas por práticas agropecuárias (CASTRO; XAVIER, 2004).

Essa substituição aumentou a exposição dos solos desta bacia, em sua maior parte arenosos, aos impactos diretos das chuvas, bem como do escoamento superficial. Nessa região registram-se médias anuais de precipitação de aproximadamente 1500 mm concentradas no verão (NIMER, 1972; SANTANA, 2007).

A dimensão dos impactos ambientais na região das nascentes do rio Araguaia atraiu a atenção de alguns setores da sociedade, como os meios de comunicação, o meio científico e movimentos ambientalistas na busca de minimizar e reverter o quadro de degradação que se configurou (PAULA, M. et al. 2008).

Dentre as consequências ao desencadeamento dos processos erosivos destacam-se as perdas de biodiversidade, de solos agricultáveis, assoreamento dos cursos hídricos do rio Araguaia na região de suas cabeceiras, rebaixamento e comprometimento do nível dos aquíferos, conforme apontam Barbalho (2002); Castro (2005); Santana (2007).

Para Latrubesse et al. (2009) as práticas agropecuárias adotadas na bacia do Araguaia a partir de 1970 trouxeram o desenvolvimento econômico regional, mas com um alto custo ambiental. O desmatamento provocou o desencadeamento de processos erosivos em praticamente toda a bacia, sendo que as situações mais degradantes foram registradas na porção alta dessa bacia, onde afloram rochas sedimentares mesozoicas, resultando na ruptura de um limiar geomórfico crítico que causou a introdução de grandes cargas de sedimentos no canal do rio Araguaia.

Cabacinha et al. (2010) apontam que essas mudanças promoveram impactos sobre a biodiversidade, solos e águas da região das nascentes do rio Araguaia, em particular a vegetação original. Segundo esses autores, até 1970 essa área era coberta por savanas penetradas por matas de galeria e ciliar ao longo dos canais de menor ordem e principais, respectivamente, e desde então a vegetação natural se encontra em grande proporção em situação fragmentária.

Diante do exposto, a região descrita consiste no recorte espacial deste trabalho. O delineamento preciso da área de estudo desta pesquisa consiste na delimitação de uma bacia hidrográfica denominada bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia (figura 1), uma área de 12.760,62 hectares, que tem seu exutório junto à confluência com o rio Araguainha.

Todavia, a relação entre a ocupação agropecuária e degradação ambiental, sobretudo, em relação aos processos erosivos, não representa uma particularidade específica desta área. Em várias áreas do território brasileiro esta configuração se repete, e conseqüentemente afeta os recursos hídricos e edáficos das bacias hidrográficas (ANA, 2013).

Diante dessa realidade, a Agência Nacional das Águas (ANA), desenvolveu o Programa Produtor de Água (PPA) que visa à melhoria da quantidade e qualidade das águas subterrâneas e superficiais, por meio de propostas de manejos conservacionistas dos solos e da vegetação natural, simultâneas aos processos de produção agropecuária. Estas propostas visam garantir a produtividade agropecuária, a redução dos processos de escoamento superficial, bem como erosivos e, conseqüentemente, o aumento da infiltração das águas pluviais (ANA, 2013).

O Programa Produtor de Água (PPA) adota a propriedade rural como unidade espacial de planejamento e atuação. Considera que a redução da perda de solos em cada propriedade rural seja responsável na mesma proporção pela diminuição da sedimentação na bacia hidrográfica (ANA, 2013).

As práticas de manejo e conservação adotadas pelo PPA consistem em plantios em curvas de nível, plantio direto, barragens de captação e infiltração de água de chuva (barraginhas), barragens subterrâneas, readequação de estradas rurais, subsolagem, construção de terraços, correção e recuperação de pastos, recomposição de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL). Como resultados esperados pelo PPA, espera-se o aumento das vazões de seca, diminuição de contaminação e assoreamento dos cursos d'água, dentre outros (ANA, 2012).

A fim de testar e avaliar a eficiência das técnicas conservacionistas propostas pelo PPA sobre os processos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas, faz-se necessário simular e/ou mensurar os efeitos das práticas de manejo do solo e da vegetação natural, na redução da perda de solo.

A simulação ou modelagem dos processos hidrossedimentares pode ser realizada em ambiente digital por meio de modelagens matemáticas hidrológicas mediante procedimentos previamente desenvolvidos por geoprocessamento, simulando fenômenos, processos e impactos que acontecem nos ambientes.

A integração da Equação Universal de Perda dos Solos (EUPS/USLE) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita a espacialização dos fatores da EUPS e, conseqüentemente, o produto resultante, permitindo assim, modelagem e/ou simulação de processos relacionados a erosão laminar, em especial nas bacias hidrográficas (BAGHERZADEH, 2012; ZHU, 2014; GOMES et al., 2017).

Diante do exposto, entende-se que para a bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia, o Programa Produtor de Água (PPA) pode contribuir para a articulação de uma robusta política pública de gerenciamento dos recursos hídricos desta região.

2 OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa é analisar através da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS/USLE) a dinâmica do processo de perda de solos em relação à ocupação antrópica da bacia das nascentes do rio Araguaia para os anos de 1984, 1994, 2004, 2014 e 2018. Num segundo momento objetiva-se simular a eficiência das práticas de manejo conservacionistas propostas pelo PPA nas estimativas de redução de perda de solo.

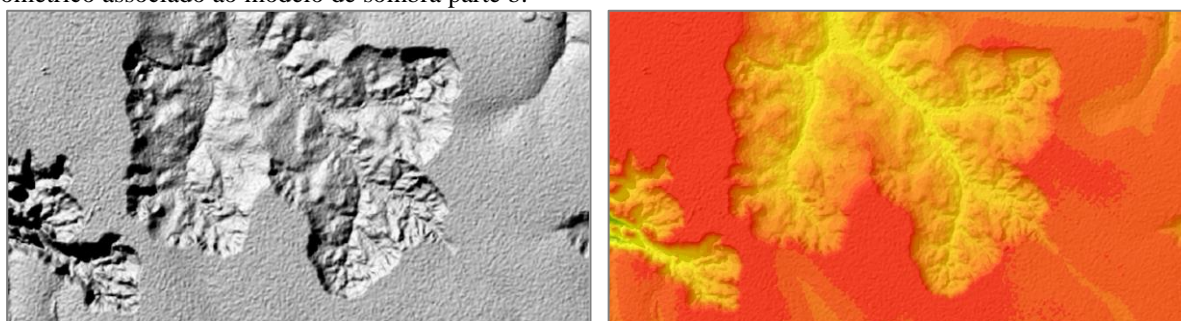
3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da presente pesquisa escolheu-se trabalhar com o método sistêmico ou de análise integrada, visando assim contemplar os mecanismos sinérgicos, isto é, intercâmbio de matéria e energia, entre os componentes de um sistema, aqui considerado como a bacia hidrográfica.

Por tal razão, um primeiro passo considerado em decorrência do método de abordagem adotado, foi reconhecer os limites do sistema bacia hidrográfica. Este é naturalmente delimitado pelos segmentos mais elevados dos interflúvios ou, mais precisamente, conhecidos como divisores de água, compondo dessa forma sistemas hidrográficos que gradativamente se interligam formando canais e bacias de maior porte. Para tanto, como produto base para interpretação e mapeamento desse sistema utilizou-se do Modelo Digital de Elevação (MDE) PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar - *Radar de Abertura Sintética que opera na banda L*) do satélite ALOS (Advanced Land Observation Satellite - *Satélite Avançado de Observação Terrestre*) com resolução espacial de 12,5m. Após a transferência ou download a partir do sítio <<https://search.asf.alaska.edu/#/>> os mesmos foram projetados tendo como Datum geodésico SIRGAS 2000 e projeção Universal Transversa de Mercator, tendo como Meridiano Central 51° W Greenwich.

A partir do Modelo Digital de Elevação, um primeiro produto a ser destacado diz respeito ao modelo de sombreamento no relevo ilustrado na parte **a** da figura 21. Este produto proporciona uma visão do relevo resultante do sombreamento nas vertentes que se encontram opostas à incidência dos raios solares. Por consequência, permite, ainda que em uma primeira aproximação e de forma qualitativa, visualizar as feições do relevo tais como a rugosidade do terreno e, principalmente, a bacia hidrográfica. Já na parte **b** da mesma figura tem-se o mapa de hipsometria ou de cotas altimétricas, com opacidade de 30% e sobreposto ao modelo de sombra com exagero vertical de 9 vezes. Esta associação permite visualizar, ainda que de forma aproximada, as áreas fluviais e interfluviais, tais como os canais de drenagem e os divisores de água, respectivamente. Permite também uma compreensão de como estão distribuídas as cotas altimétricas e respectivas áreas de abrangência ao longo da bacia. Por consequência consiste em uma primeira aproximação do sistema hidrográfico em estudo, com destaque especial para os seus limites nas cores mais avermelhadas.

Figura 1 - Materiais utilizados na definição e mapeamento da área de estudos: modelo de sombra parte a; modelo hipsométrico associado ao modelo de sombra parte b.



3.1 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS

A Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) ou Universal Soil Loss Equation (USLE) consiste em um modelo empírico, cuja finalidade é estimar a perda de solos em um dado intervalo de

espaço e tempo, considerando as condições climatológicas, pedológicas, morfométricas, em especial declividade e comprimento de fluxo, e principalmente os tipos de uso e as formas de manejo do solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978)

Representa a combinação entre clima (chuvas), solos (características físicas), topografia (comprimento e inclinação das vertentes) e uso da terra (com/sem manejo conservacionista) a fim de investigar a erosão laminar dos solos. Estes se relacionam a quantidade e intensidade das chuvas, o escoamento superficial, ao uso e cobertura do solo, e principalmente, ao manejo e proteção contra o impacto da chuva e escoamento superficial, e ao comprimento inclinação e forma das encostas (BAGHERZADEH, 2012).

A EUPS/USLE estima quantitativamente a erosão do solo em toneladas/hectare/ano ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) pelo produto empírico:

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

Em que:

A = estimativa de perda de solo, em $\text{ton}/\text{ha}/\text{ano}$;

R = fator erosividade da chuva, em $\text{Mj} \cdot \text{mm}/\text{ha} \cdot \text{h} \cdot \text{ano}$;

K = fator erodibilidade do solo, em $\text{ton} \cdot \text{ha}/\text{Mj} \cdot \text{mm}$;

L = fator comprimento de encosta ou rampa, em m;

S = fator declividade da encosta ou rampa, em %;

C = fator de uso e manejo do solo, adimensional;

P = práticas conservacionistas, adimensional.

3.2 FATOR R - EROSIVIDADE DAS CHUVAS

A elaboração da erosividade das chuvas resultou da avaliação de dados de diversas fontes, bem como de trabalhos já desenvolvidos na área. Entre os trabalhos destaca-se o de Santana et al. (2007), que se baseia no cálculo do índice de erosividade das chuvas para cada mês resultante de dados de 28 estações pluviométricas localizadas na Alta Bacia do rio Araguaia. Outro trabalho de grande relevância refere-se àquele desenvolvido por Oliveira et al. (2012), o qual consiste em uma ampla revisão da erosividade da chuva para todo o Brasil a partir das principais bases de artigos científicos, dissertações e teses acerca da erosividade da chuva no Brasil. Em ambos os estudos a erosividade das chuvas na região ficou entre 8.000 e 10.000 $\text{Mj} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Entre os trabalhos mais recentes destaque para aquele desenvolvido por Gomes et al. (2017), cujos valores de erosividade ficaram entre 8.000 e 10.000 $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Após a avaliação desses trabalhos, elaborado um

novo mapa de erosividade, considerando um conjunto de dados de precipitação mensal e anual mais consistentes, os quais resultam da coleta de dados pelas estações do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, incorporados em outras bases de dados.

Especificamente, para o cálculo de erosividade das chuvas foram utilizados os dados do projeto TerraClimate (ABATZOGLOU et al., 2018) desenvolvido pelo Laboratório de Climatologia da Universidade de Idaho - Estados Unidos, a partir do sítio <<http://www.climatologylab.org/>>. Trata-se de uma série de dados acerca de diversas variáveis climatológicas, entre elas precipitação mensal e anual, modelados para a quase totalidade da superfície terrestre no período de 1958 a 2019 mais atualizações, com nível de detalhamento espacial de 4 km. Importante ressaltar que, embora boa parte da variabilidade espacial dos referidos dados resulte de modelagem complementada por produtos de Sensoriamento Remoto, os mesmos se mantêm fidedignos em relação aos dados empíricos registrados pelas estações climatológicas. A principal diferença é que, enquanto o trabalho de interpolação de dados pontuais ocorre via procedimentos estatísticos, os dados espaciais TerraClimate decorrem da modelagem física de variáveis que determinam a precipitação, se mantendo, portanto, fidedignos em relação aos condicionantes físicos de cada área (ABATZOGLOU et al., 2018).

A partir dos referidos dados elaborou-se a série de precipitações mensais e anuais do período 1984 - 2018, e em seguida foi aplicada a equação de erosividade mensal e anual de chuvas proposta por Oliveira et al. (2011) para a cidade mato-grossense de Coxim que, de acordo com a revisão feita por Oliveira et al. (2012) é a mais próxima da área de pesquisa possuindo, inclusive, comportamento climático muito similar à área das nascentes do rio Araguaia. Dessa forma, a erosividade da área é representada pela seguinte equação:

$$Ei_{30} = 247,35 + 41,036 (p^2/P)$$

Em que: Ei_{30} é o índice de erosividade da chuva considerando a intensidade máxima em um período de 30 minutos, em MJ mm há⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹; 247,35 e 41,036 são constantes da equação representativa da área; p = precipitação média mensal, em mm; e P precipitação média anual, em mm.

Dessa forma, de posse dos dados mensais de precipitação do período 1984 -2018 e da equação de erosividade, o passo seguinte foi a elaboração dos cálculos de erosividade mensal, bem como o somatório anual por meio de programação em geoprocessamento. Tanto para a erosividade mensal, quanto para a erosividade anual, considerou-se a média de precipitação mensal de cada mês, bem como a anual no período 1984 - 2018, buscando assim trabalhar com valores mais representativos do comportamento do clima da área.

3.3 MAPEAMENTO DAS CLASSES DE SOLO E ATRIBUIÇÃO DOS VALORES DO FATOR K

A elaboração do mapa de solos com um melhor nível de detalhamento, especialmente quanto ao número e ao limite das classes conhecidas, bem como sua correspondência e erodibilidade, foi desenvolvida em três etapas. A primeira consistiu no levantamento e análise dos materiais cartográficos e respectivos relatórios já existentes em diversas escalas, os quais apresentaram também aspectos importantes tais como materiais e métodos utilizados no processo de mapeamento. Entre os mapeamentos existentes destacam-se o trabalho pioneiro de Novaes et al. (1983) realizado no âmbito do projeto RADAMBRASIL; Barbalho e Castro (2002); Marinho e Castro (2003); Resende (2003); Martins (2003); e Nunes (2015). Estes trabalhos abrangem a parte da alta bacia, conhecida como Setor Sul da alta bacia do rio Araguaia, na escala 1:100.000, cujas classes de solos contemplam até o terceiro nível categórico. Concomitante ao levantamento dos tipos de solo, procedeu-se também ao levantamento da erodibilidade ou fator K de cada classe por meio de levantamento bibliográfico priorizando os trabalhos encontrados para a área ou próximos dela. Importante ressaltar que todos esses mapeamentos foram desenvolvidos por meio de uma releitura e avaliação de produtos anteriormente desenvolvidos e complementados por meio de topossequências em transectos de maior variabilidade e dúvidas acerca dos tipos de solo. Todas as classes identificadas foram atualizadas de acordo com a nomenclatura constante no mais recente Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2018).

Diante da necessidade de obtenção de um produto cartográfico mais preciso e de melhor acurácia com o terreno, a segunda etapa consistiu no refinamento das classes de solos utilizando para tanto variáveis morfométricas e morfográficas elaboradas a partir do modelo digital de elevação - PALSAR - ALOS - com resolução espacial de 12,5 metros. A redefinição dos limites dos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos se deu pela análise do gradiente altimétrico ao longo do canal de drenagem associado à curvatura do perfil e à declividade das vertentes. Estes solos tendem a ocorrer em locais de elevada concavidade, associada a declividades de no máximo 3%, e ao longo de canais com baixo gradiente altimétrico que permitem a permanência de boa parte da água precipitada, conferindo umidade na maior parte do tempo, o que provoca a redução dos compostos de ferro (EMBRAPA, 2018). Em geral, a montante das áreas de Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos tem-se áreas produtoras de sedimentos mais ativas.

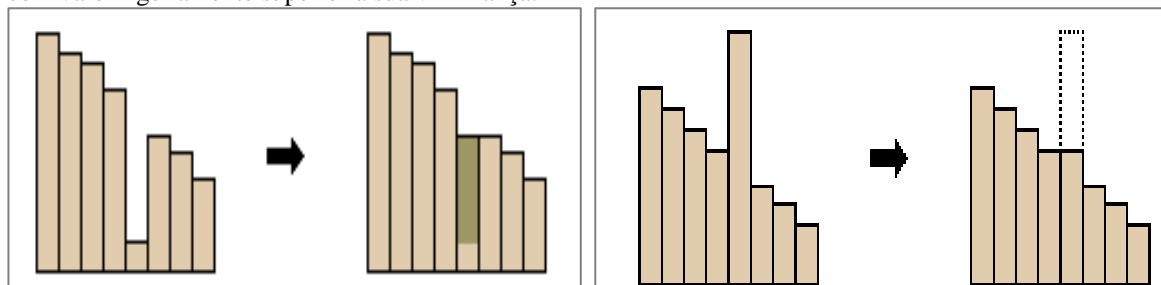
Procedimento semelhante foi adotado para o refinamento das áreas com a ocorrência de Latossolo Vermelho. Para tanto, utilizou-se como parâmetro a declividade, em que para a ocorrência das classes de Latossolo Vermelho admite-se até 8%. Para a ocorrência de Neossolo Quartzarênico Órtico admitiu-se declividades de até 13%, mas ocorrendo sobre arenitos eólicos da Formação Botucatu.

Já a terceira etapa consistiu na reelaboração do mapa de solos por meio da classificação supervisionada, tendo como base todos os dados e informações levantados e correlacionados com as variáveis morfométricas e morfográficas contínuas elaboradas a partir do Modelo Digital de Elevação.

3.4 FATOR LS DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS

Para o cálculo do fator topográfico LS da Equação Universal de Perda de Solos utilizou-se do Modelo Digital de Elevação PALSAR - ALOS com resolução espacial de 12,5 metros. Este, após receber projeção cartográfica, foi submetido a uma análise detalhada quanto às anomalias resultantes da interferência do dossel da vegetação mais densa, bem como das condições de umidade do solo nos valores de altitude. Posteriormente a esta etapa foi aplicado o procedimento de filtragem ou correção de pixels que se mostravam acentuadamente em desacordo com as feições do terreno, como apresentado ao longo da figura 23. Este procedimento foi necessário uma vez que interferências resultantes do dossel da vegetação, especialmente aquela mais densa, e umidade do solo podem resultar em valores de altitude em desacordo com a elevação do terreno. Por consequência pode interferir em todos os demais modelos morfométricos e morfográficos derivados.

Figura 1 - Procedimento de correção da anomalia de valores de pixels. Na parte a pixel com valor ligeiramente inferior e em b com valor ligeiramente superior à sua vizinhança.



Com o Modelo Digital de Elevação filtrado e hidrológicamente corrigido o próximo passo foi a extração dos segmentos de fluxo correspondentes aos canais de drenagem. Tal procedimento foi necessário, uma vez que o cálculo da estimativa de perda de solos deve se restringir ao comprimento das vertentes. Os canais de drenagem, por fazerem parte da dinâmica fluvial e, conseqüentemente serem mais longos, se inseridos no cálculo do comprimento de fluxo resultam em valores de fator LS superestimados. Dessa forma, os pontos de ocorrência das nascentes representam o limite para inserção do comprimento de rampa no cálculo do fator LS.

Com o Modelo Digital de Elevação devidamente preparado, o passo seguinte foi o cálculo dos comprimentos de fluxo, bem como da declividade e aplicação dos respectivos expoentes. Todos os procedimentos, bem como a aplicação da equação do fator LS foram realizados por meio dos módulos

Hydrology e *Math* disponíveis no software ArcGIS. Para tanto utilizou-se da equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999), a qual consiste em uma modificação da equação original proposta no Agriculture Handbook do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, atendendo melhor as condições brasileiras, conforme apresentado a seguir:

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times S^{1,18}$$

Em que:

L = corresponde ao comprimento de rampa ou vertente, partindo do ponto mais elevado dos interflúvios até o início de cada canal de drenagem, em m; e S = corresponde à declividade da vertente, em %.

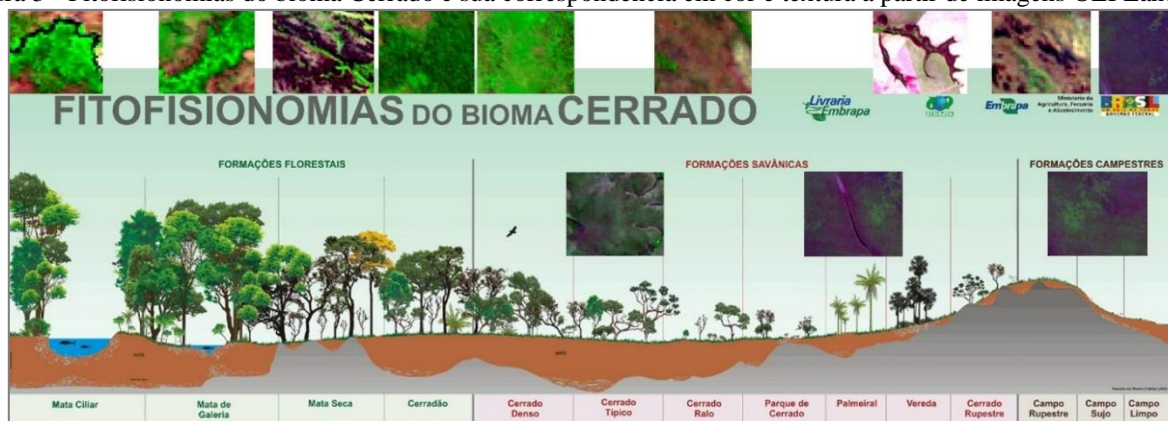
Nesta equação pode-se perceber que o expoente 0,63 do fator comprimento de vertente impede que este resulte em valores superestimados, evitando assim um peso igualmente superestimado para vertentes muito longas. Tal tendência é correlata ao comportamento dos fluxos hídricos no terreno, uma vez que o aumento da velocidade de escoamento não depende somente do comprimento e sim deste associado à declividade da vertente. De forma semelhante pode-se perceber que o expoente 1,18 do fator declividade confere maior peso a essa variável, evidenciando que a velocidade de escoamento tende a ser maior sempre que em condições de declives mais acentuados.

3.5 COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO

Para a elaboração dos mapas de cobertura vegetal (formações vegetais e respectivas fitofisionomias) seguiu-se os pressupostos de RIZINNI (2007), o qual define que o processo de classificação da vegetação deve ocorrer principalmente pela aparência fisionômica exibida pelas espécies, formando assim, padrões reconhecidos pelo porte e cobertura vegetal. Adicionalmente recorreu-se a nomenclatura de classificação proposta por Ribeiro e Walter (2008), os quais apresentam e caracterizam as principais fitofisionomias presentes nas formações vegetais do domínio morfoclimático Cerrado (Formações Florestais, Savânicas e Campestres), como apresentado na figura 24. Para tanto, após a sistematização de suas respectivas coordenadas geográficas, procedeu-se a uma avaliação detalhada das imagens de satélite a fim de identificar e associar cada ponto com a assinatura espectral na imagem de satélite.

O resultado desse exercício foi a elaboração de uma chave de interpretação que buscou associar as coordenadas da amostra de cada fitofisionomia com a assinatura espectral na imagem de satélite, bem como sua representatividade no perfil esquemático de Ribeiro e Walter (2008).

Figura 3 - Fitofisionomias do bioma Cerrado e sua correspondência em cor e textura a partir de imagens OLI Landsat 8.



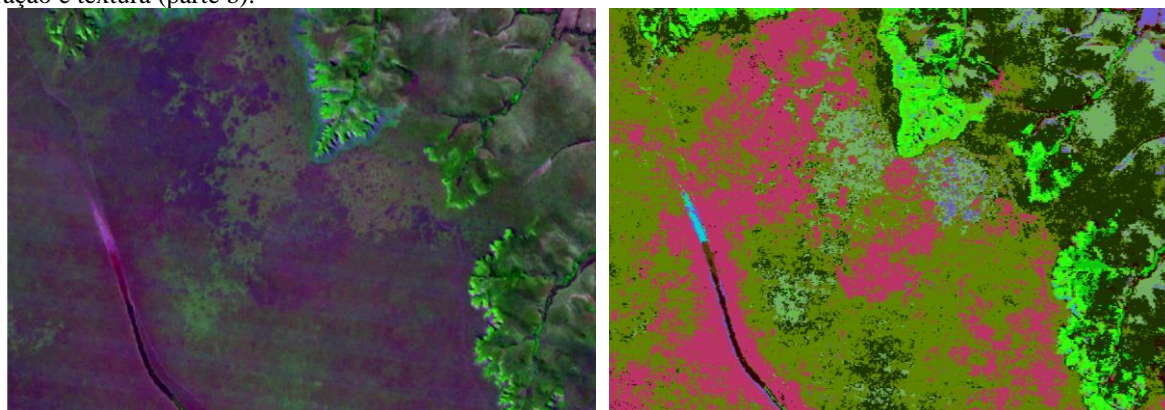
Fonte: adaptado pelo autor a partir de Ribeiro e Walter (2008).

Após levantamento bibliográfico acerca das principais fitofisionomias e formas de uso do solo da área, utilizou-se imagens do sensor TM do Satélite Landsat 5 órbita 224 e ponto 072, referentes aos dias 4 de setembro de 1984; 30 de setembro de 1994 e 25 de julho de 2004, na composição RGB 543, realce espectral de 2% e resolução espacial de 30 m. Para os anos de 2014 e 2018 utilizou-se imagens OLI do satélite Landsat 8, órbita 224, ponto 072, referentes aos dias 21 de julho de 2014 e 17 de agosto de 2018 na composição RGB 654 e realce espectral de 2% e com a mesma resolução espacial.

Para o processo de detecção de padrões espaciais e o reconhecimento de possíveis classes de uso e cobertura do solo, utilizou-se do algoritmo de Mean Shift disponível no software ArcGIS por meio do qual segmentou-se as imagens em padrões espaciais quanto à textura e à coloração adotando detalhe espectral de 18; detalhe espacial de 12, ambos em uma escala de 1 a 20; e área mínima mapeável de 4 pixels ou 3600 m². Com as imagens segmentadas, elaborou-se uma chave de classificação a qual foi relacionada com a revisão bibliográfica, inventário de fotografias e observações de áreas representativas de cada fitofisionomia, possibilitando a identificação de cores e texturas presentes nas imagens.

Desta forma e considerando a chave de classificação elaborada, procedeu-se a classificação prévia de cada possível classe de cobertura vegetal, bem como de uso do solo, resultando assim, em uma primeira aproximação, conforme ilustrado ao longo da figura 4.

Figura 4 - Imagem OLI Landsat 8 na composição colorida RGB 654 (parte a); e imagem segmentada em padrões de coloração e textura (parte b).



3.6 DETERMINAÇÃO DO FATOR COBERTURA/USO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

A determinação multitemporal do fator CP (Cobertura/Usos e Práticas Conservacionistas) da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS/USLE) se deu em duas etapas, quais sejam. A primeira consistiu no mapeamento das classes de cobertura vegetal (formações vegetais e respectivas fitofisionomias) e uso do solo, mediante georreferenciamento, tratamento digital e análise de imagens de satélites da série Landsat (5 e 8) como descrito no tópico anterior. A etapa seguinte compreendeu o levantamento bibliográfico acerca dos fatores C e P que se mostraram compatíveis com as condições de cobertura e uso do solo vigentes na data de aquisição de cada imagem. Procedimento semelhante foi adotado na determinação dos fatores CP relacionados às práticas conservacionistas recomendados pelo Projeto Produtor de Água da Agência Nacional de Águas.

Desta forma, os valores do fator CP foram adicionados respectivamente ao arquivo físico vetorial de cada um dos mapas de cobertura e uso do solo, permitindo assim, a representação espacial dos valores fator Cobertura/Usos e Práticas Conservacionistas.

3.7 FATOR CP E SUA INFLUÊNCIA NA ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLOS (EUPS/USLE)

3.7.1 Fator Cobertura e Manejo (fator C)

Representa na Equação universal de perda de solo (EUPS/USLE), a relação entre a perda de solo sob condições específicas de cultivo e a perda correspondente de pousio contínuo (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Bertoni & Lombardi Neto (2008) consideram o fator de cobertura e manejo do solo (C) como a relação de perda de solo tanto em áreas cultivadas ou descobertas. O fator (C) mede o efeito combinado de todas as variáveis de cobertura e gerenciamento do solo inter-relacionados (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

O valor de C de uma determinada área é determinado por muitas variáveis, uma das quais é o clima. As principais variáveis que se relacionam ao fator de manejo e cobertura do solo (fator C) incluem a copa das culturas, cobertura morta de resíduos, resíduos incorporados ao solo, preparo do

solo, uso do solo residual e suas interações. Cada um desses efeitos pode ser tratado como um subfator cujo valor numérico é a razão da perda de solo com o efeito para a perda correspondente sem ele. O fator C é o produto de todos os subfatores pertinentes (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

O fator (C) também se baseia na integração de fatores que influenciam os processos erosivos, tais como, tipos de cobertura vegetal, manejo das terras e superfície dos solos (WISCHMEIER & SMITH, 1978; RENARD et. al, 1997; GOMES et. al, 2017).

Para alguns autores, após iniciado os processos erosivos, determinados fatores da EUPS/USLE adquirem maior ou menor importância na perda de solo. Para estes, a topografia (fator LS) se configura no fator de maior influência, enquanto o fator C corresponde o segundo fator mais importante da USLE/EUPS (BESKOW et.al, 2009; VAN DER KNIJFF et. al, 2000; FARHAN et.al, 2015).

No entanto, alterações no uso e manejo do solo podem intensificar os processos erosivos. Por outro lado, é o fator (C) que representa as condições que podem ser facilmente alteradas para reduzir o escoamento superficial e a erosão do solo (CORRÊA et. al, 2016; GOMES et. al, 2017).

Embora tratado como uma variável independente na equação, esse fator depende de outros fatores. O fator C varia de quase zero (para uma boa proteção contra erosão; sistemas de manejo conservacionistas) a 1 (proteção deficiente contra erosão; sistemas não conservacionistas) (PROCHNOW et al., 2005; CORRÊA et. al, 2016; GOMES et.al, 2017).

3.7.2 Fator de Prática de Suporte (P)

Em geral, sempre que solos de terrenos declivosos são cultivados e expostos a chuvas erosivas, além da proteção oferecida por gramíneas ou culturas de cultivo, fazem-se necessárias práticas de suporte que diminuam o escoamento superficial da água, e assim, reduzam a quantidade de solo transportado. O fator P na EUPS/USLE é a razão entre a perda de solo com uma prática de suporte específica e a perda correspondente na cultura de subida e descida (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Para Bertoni & Lombardi Neto (1990), o fator P corresponde à razão ou intensidade entre a perda de solo que ocorre em dada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive.

O fator (P) varia de acordo com as práticas de conservação do solo e, portanto, tem uma forte influência na perda de solo (BESKOW et.al, 2009; GOMES et. al, 2017).

As práticas de suporte (fator P) mais usuais à perda de solo em terras cultiváveis, aplicadas na EUPS são: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas (WISCHMEIER & SMITH, 1978; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008).

Práticas aprimoradas de lavoura, rotações de gramíneas, tratamentos de fertilidade e maiores quantidades de resíduos vegetais deixados no campo e sobre os solos contribuem materialmente para o controle da erosão. Contudo, essas são consideradas práticas de conservação e manejo de conservação, e os benefícios derivados delas estão incluídos no fator C (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DINÂMICA NO USO E COBERTURA DO SOLO DA BACIA DAS NASCENTES DO RIO ARAGUAIA (1984, 1994, 2004, 2014, 2018)

A delimitação da bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia compreendida por esta pesquisa corresponde a uma área de 12.567,60 hectares (ha), sendo esta uma informação fundamental voltada a análise da dinâmica do uso do solo.

A análise da dinâmica do uso do solo e da cobertura vegetal da bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia foi realizada a partir da série de cartas imagem e mapas de uso do solo (figuras 27 e 28) correspondentes aos anos de 1984, 1994, 2004, 2014 e 2018.

A interpretação da paisagem da bacia das nascentes do rio Araguaia no ano de 1984 através da imagem TM Landsat 5, evidencia amplo processo de desflorestamento por meio de queimadas indiscriminadas (especialmente em toda a parte oeste da bacia), demonstradas na imagem de satélite pelo aspecto magenta-acinzentado. Este aspecto da imagem também é observado na década seguinte, no ano de 1994.

Conforme a figura 28 correspondente à série multitemporal de uso do solo (1984, 1994, 2004, 2014 e 2018) da bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia, observou-se que no ano de 1984 a configuração e ordenamento do uso do solo se apresentavam inconsistentes e indefinidos, em virtude do amplo processo de desmatamento e degradação, razão pela qual se observou o maior percentual de áreas com características de solo exposto/desmatamento, considerando-se toda a série multitemporal.

Consequentemente no ano de 1994 observou-se o maior percentual de áreas destinadas ao uso antrópico do solo (agricultura de grãos e pecuária) e os menores percentuais de áreas atribuídas às vegetações naturais, considerando-se todos os anos da série multitemporal, como mostra o quadro 10. Faz-se ainda importante ressaltar que as áreas caracterizadas como solo exposto/desmatamento no ano de 1984 se apresentaram ocupadas pela agropecuária no ano de 1994.

A partir do ano de 2004, observou-se melhor definição e ordenamento dos ambientes ocupados tanto pelas atividades antrópicas, quanto pelas vegetações naturais. As áreas agrícolas ocuparam extensivamente a porção dissecada e rebaixada da bacia, onde predominam Latossolos

Vermelho-Amarelos e Neossolos Quartzarênicos Órticos da Formação Botucatu; e também as porções altiplanas da bacia cobertas por espessos Latossolos Vermelhos da Formação Cachoeirinha.

É possível afirmar genericamente que as áreas onde predominam os arenitos da Formação Botucatu destinaram-se ao uso antrópico, enquanto as áreas de Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos foram destinadas à conservação das vegetações naturais. No ano de 2004, observou-se que o uso do solo foi destinado quase que exclusivamente à agricultura de grãos, tornando praticamente inexistentes as áreas destinadas à pecuária.

No ano de 2014, observou-se tendência à delimitação, definição e ordenamento dos ambientes destinados às atividades antrópicas (agricultura) e às vegetações naturais, semelhantes ao ano de 2004. Quanto ao uso antrópico observou-se predominância do uso agrícola do solo, e em áreas específicas da bacia verificou-se a silvicultura de eucaliptos.

Destaca-se no ano de 2018 a expansão das áreas destinadas às vegetações naturais, verificando-se os maiores percentuais desta forma de cobertura do solo em relação a todos os anos da série multitemporal. É também importante salientar a ampla substituição da agricultura de grãos para a cana de açúcar, em áreas correspondentes a 22% do total da bacia.

De modo geral, o quadro 10 demonstra em termos percentuais a variação espaço-temporal dos principais tipos de uso do solo e dos remanescentes de vegetação natural na bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia. Este, juntamente do mapeamento multitemporal do uso do solo (figura 28) constituem a base de discussão deste capítulo, que tem o propósito de analisar as mudanças do uso e cobertura do solo nesta bacia, no período em análise.

Tendo como referência os mapas de cobertura e uso do solo, elaborados nos cinco recortes temporais (1984, 1994, 2004, 2014 e 2018), juntamente dos mapas de caracterização do meio físico foi possível estabelecer padrões espaciais tanto dos processos de desmatamentos e substituição das vegetações naturais, da ocupação e expansão dos tipos de uso do solo, bem como das áreas destinadas à conservação e recomposição da vegetação natural.

As figuras a seguir também subsidiam a análise multitemporal da dinâmica do uso, cobertura e ocupação da bacia das nascentes do rio Araguaia, apresentando respectivamente, (i) quadro da dinâmica multitemporal das fitofisionomias e formas de uso do solo (quadro 11); (ii) coleção de mapas dos atributos físicos (figura 26); (iii) conjunto de cartas imagem (figura 5); e (iv) conjunto de mapas de uso do solo (figura 6).

Quadro 1 - Dinâmica multitemporal das fitofisionomias e formas de uso do solo – bacia das nascentes do rio Araguaia.

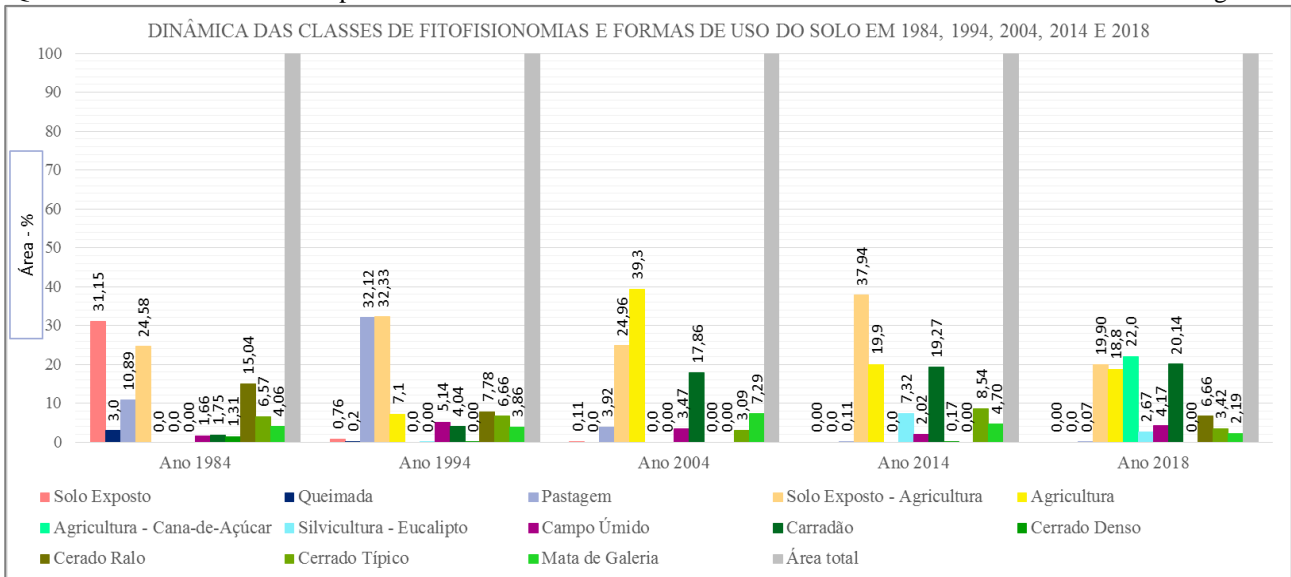


Figura 8 - Série multitemporal de cartas imagem (satélite Landsat 5 TM e Landsat 8) – bacia das nascentes do rio Araguaia.

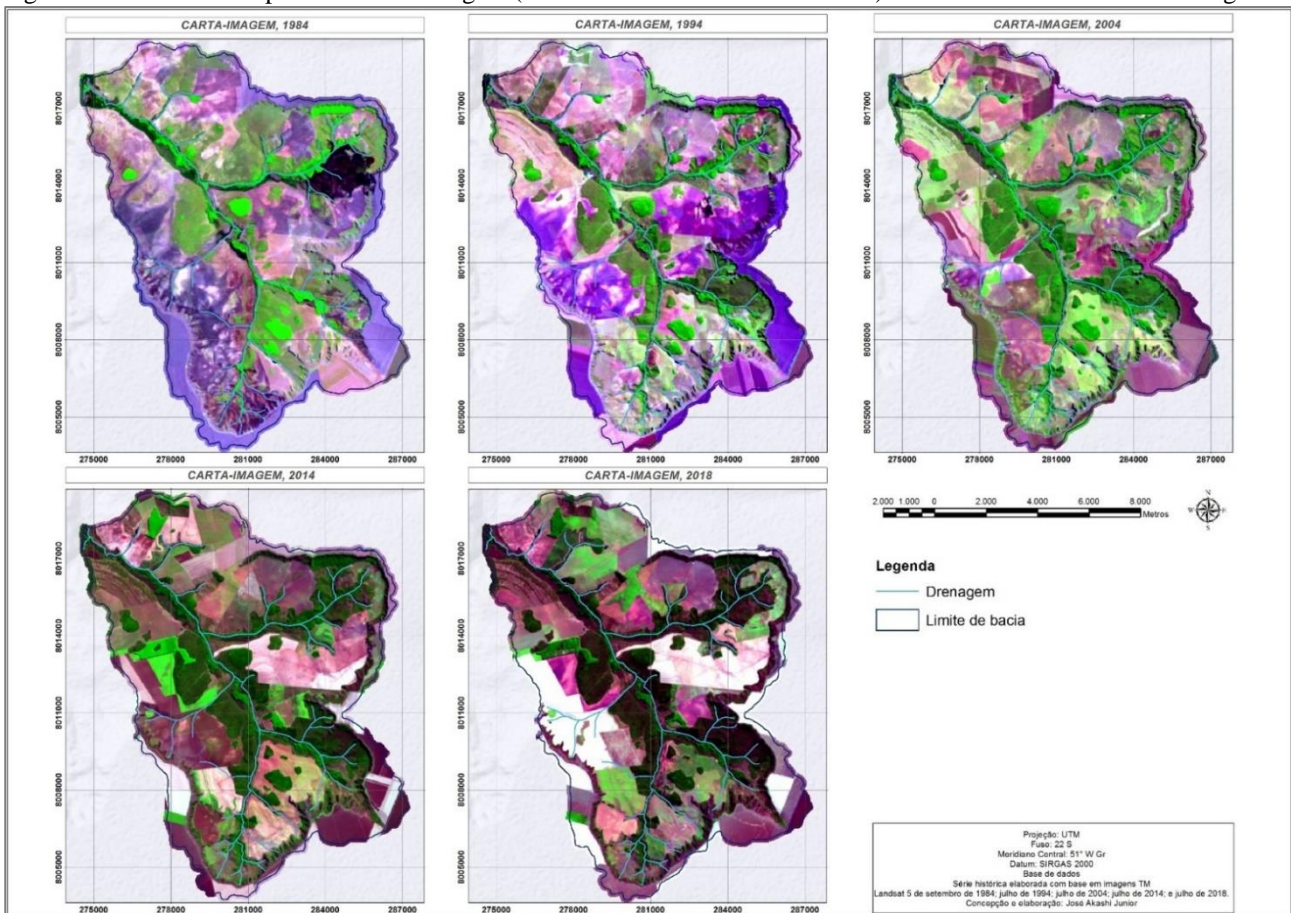
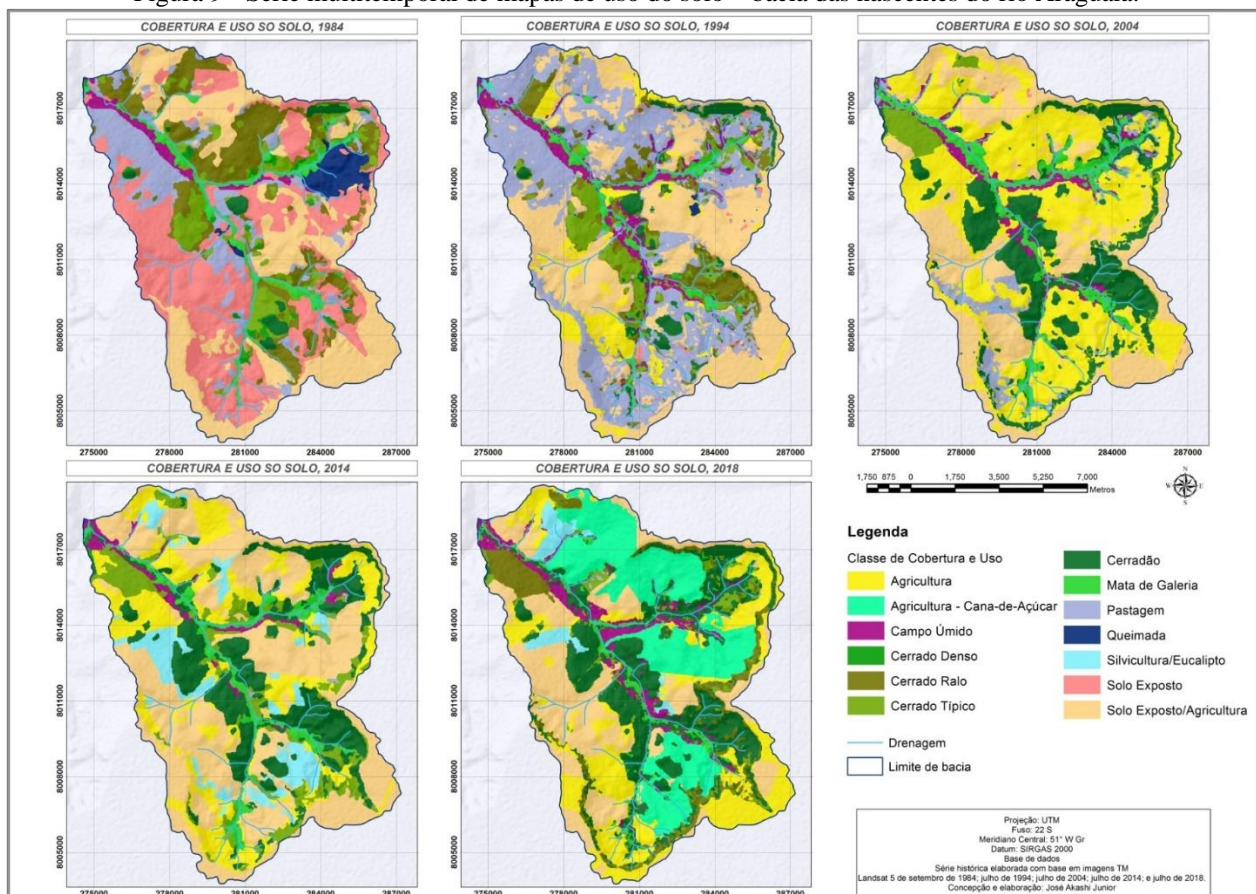


Figura 9 - Série multitemporal de mapas de uso do solo – bacia das nascentes do rio Araguaia.



4.2 ANÁLISE MULTITEMPORAL (1984, 1994, 2004, 2014 e 2018) DAS MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DAS NASCENTES DO RIO ARAGUAIA

4.2.1 Cobertura e uso do solo – 1984

No ano de 1984 foi evidenciado amplo processo de desmatamentos e antropização. É possível observar que as áreas mais afetadas pela retirada da cobertura vegetal e ocupação antrópica na bacia das nascentes do rio Araguaia foram aquelas preferencialmente de relevo plano a suave ondulado, sobretudo, nas áreas em forma de pedimento.

Estas se encontram nos terrenos dissecados e rebaixados correspondentes à Formação Botucatu, situados em patamares altimétricos imediatamente abaixo das escarpas erosivas, cuja declividade média fica em torno de 8%. São ambientes constituídos por extensas vertentes onde ocorre predominantemente Latossolos Vermelho-amarelo de textura argilosa, que apresenta razoável potencial agrícola.

A imagem de satélite do ano de 1984 demonstra um processo de desmatamento executado através de queimadas extensivas e indiscriminadas (evidenciadas pela coloração magenta-acinzentada), que atingiram áreas inclusive inapropriadas às atividades de agropecuária.

A retirada da cobertura vegetal na forma de queimadas avançou dentre outras sobre áreas de declividade acentuada, como as cabeceiras de drenagem de relevos dissecados e as escarpas erosivas, estas últimas com declividades de até 59% e predomínio de solos pouco desenvolvidos, tais como Cambissolo Háptico e principalmente Neossolo Litólico. Tais áreas apresentaram dificuldades de recomposição da cobertura vegetal ao longo do período 1984/1994.

Outras áreas bastante afetadas pelos desmatamentos e ocupação antrópica foram aquelas que marcam a transição dos pedimentos para a planície fluvial. São ambientes distinguidos por um ligeiro aumento da declividade, podendo atingir até 14%, e marcados pela predominância dos Neossolos Quartzarênicos Órticos oriundos dos arenitos eólicos da Formação Botucatu. Tais solos que comumente se mostram de grande fragilidade em decorrência da facilidade de degradação, apresentam alta suscetibilidade a erosão, são de difícil recomposição em decorrência de sua composição arenosa (textura média a fina), pouca ocorrência de matéria orgânica e, por consequência, baixa capacidade de retenção de água (EMBRAPA, 2015).

Os ambientes destinados à conservação das vegetações naturais corresponderam às planícies fluviais do rio Araguaia onde se encontram baixas declividades (0 – 3%), baixo gradiente altimétrico, e predominância dos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos que se mostram propícios à saturação de água por maior período.

Nessas áreas predominam fitofisionomias do Cerrado associadas aos cursos d'água, tais como os campos úmidos, mata de galeria e mata ciliar, que se mostraram mais resistentes à degradação pelo fogo. É ainda possível afirmar que estas fitofisionomias de maior porte e densidade foliar, foram menos afetadas pelo processo de desflorestamento.

Outras áreas com maior predominância de remanescentes de vegetação corresponderam àquelas de relevos dissecados à montante da bacia. Estas compreendem áreas com maior ocorrência de nascentes, associadas a canais de drenagem de primeira ordem, ou próximas às escarpas erosivas.

4.2.2 Cobertura e uso do solo – 1994

As áreas destinadas ao uso antrópico no ano de 1994, totalizaram 72,36% da área da bacia das nascentes do rio Araguaia ou 9.093,92 hectares, o maior percentual de ocupação antrópica observado entre os anos de 1984 e 2018. Por conseguinte, as áreas destinadas às vegetações naturais corresponderam a 27,64% da área total desta bacia ou 3.473,68 hectares, o menor percentual de áreas ocupadas pelas vegetações naturais.

É importante ressaltar que as classes de uso do solo: solo exposto/desmatamento e queimadas evidenciadas em 1984 se encontravam ocupadas pelo uso agropecuário no ano de 1994.

De acordo com o mapa de uso do solo de 1994 é possível generalizar que as terras destinadas à pecuária ocuparam áreas de relevos dissecados associados às cabeceiras de drenagem. Consecutivamente, a ocupação agrícola se instalou predominantemente em áreas de relevos planos a suave ondulado.

Em ambas as situações, tais ocupações de uso do solo estiveram diretamente correlacionadas à superfície rebaixada e dissecada, onde ocorrem os Latossolos Vermelho-Amarelo com declividades de até 8% e os Neossolos Quartzarênicos com declividades máximas de 14%.

As vegetações naturais destinadas à conservação estiveram predominantemente associadas às zonas ripárias e ao longo da extensão das planícies fluviais, áreas que prevalecem Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos.

A fitofisionomia ‘cerrado ralo’ correspondeu a principal tipologia de vegetação natural suprimida no intervalo 1984/1994, localizada em ambientes correspondentes aos Latossolos Vermelho-Amarelo e Neossolos Quartzarênicos, substituída por uso agropecuário.

Por sua vez, a recomposição de vegetações naturais se deu em área adjacente a planície fluvial e em outro caso, junto a cabeceira de drenagem em área de relevo dissecado.

4.2.3 Cobertura e uso do solo – 2004

O ano de 2004 marca essencialmente a existência de apenas duas modalidades de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia: agricultura de grãos e vegetação natural.

Constatou-se mediante a análise multitemporal (1984/2018) da dinâmica do uso e cobertura do solo na bacia das nascentes do rio Araguaia, que no intervalo de 1994/2004 consolidou-se um processo de definição dos ambientes destinados à ocupação antrópica e também à conservação das vegetações naturais, e conseqüentemente, designando a bacia predominantemente ao uso agrícola.

É importante salientar que entre os anos de 1984 a 2004, a expansão da agricultura nesta bacia correspondeu ao cultivo da soja, conforme aponta Castro e Xavier (2004), em compilação de censos agropecuários do IBGE (1980 – 2000) da região.

Por sua vez, as vegetações naturais a exemplo das décadas anteriores, apresentaram espacialização correlacionada às planícies fluviais do rio Araguaia associadas aos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos, e também às cabeceiras de drenagem em relevos dissecados.

4.2.4 Cobertura e uso do solo – 2014

Destaca-se no ano de 2014 a tendência à delimitação e ordenamento das áreas destinadas ao uso antrópico e à conservação das vegetações naturais observada no ano de 2004.



Em relação ao intervalo 2004/2014 é possível afirmar que a ocupação antrópica no ano de 2014 manteve espacialidade relativamente semelhante à do ano de 2004. No entanto, as áreas destinadas ao uso agrícola sofreram redução. Em 2004 correspondiam a 64,36% da área total da bacia ou 8.088,51 hectares, enquanto em 2014 passaram a corresponder a 57,97% da bacia ou 7.285,44 hectares.

Além da predominância agrícola na bacia foi observada no ano de 2014 uma nova modalidade de uso do solo, caracterizada pela silvicultura de eucaliptos, ocupando áreas anteriormente destinadas à agricultura. Também se observou a extinção definitiva da ocupação pecuária.

A silvicultura de eucaliptos, juntamente da agricultura e das vegetações naturais corresponderam às classes de uso e ocupação do solo predominantes na bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia no ano de 2014.

4.2.5 Cobertura e uso do solo – 2018

O uso do solo no ano de 2018 é marcado por vasta substituição da agricultura de grãos pela cana de açúcar. O impacto desta mudança trará grande implicação na redução da estimativa de perda de solo na bacia.

No geral, as áreas ocupadas pela agricultura de cana de açúcar corresponderam a 22% da área total da bacia ou 2.764,87 hectares. Relacionam-se a áreas anteriormente destinadas a ocupação antrópica, de modo que não avançaram sobre áreas de vegetação natural. Desta forma, ocuparam predominantemente áreas de relevos planos e suave ondulados, associados aos Latossolos Vermelho-amarelo e Neossolos Quartzarênicos, com declives de até 8% e 14% respectivamente.

Apesar da vasta área destinada à cultura canavieira, o tipo de uso do solo predominante na bacia foi a agricultura de grãos, sendo também observado pequenas áreas que se destinaram a silvicultura de eucalipto.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO (EUPS/USLE), FATOR CP/USO DO SOLO E ESTIMATIVAS DE PERDA DE SOLO – BACIA HIDROGRÁFICA DAS NASCENTES DO RIO ARAGUAIA

5.1.1 Fator CP/uso e cobertura do solo e perda de solo (EUPS/USLE) – bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia (1984)

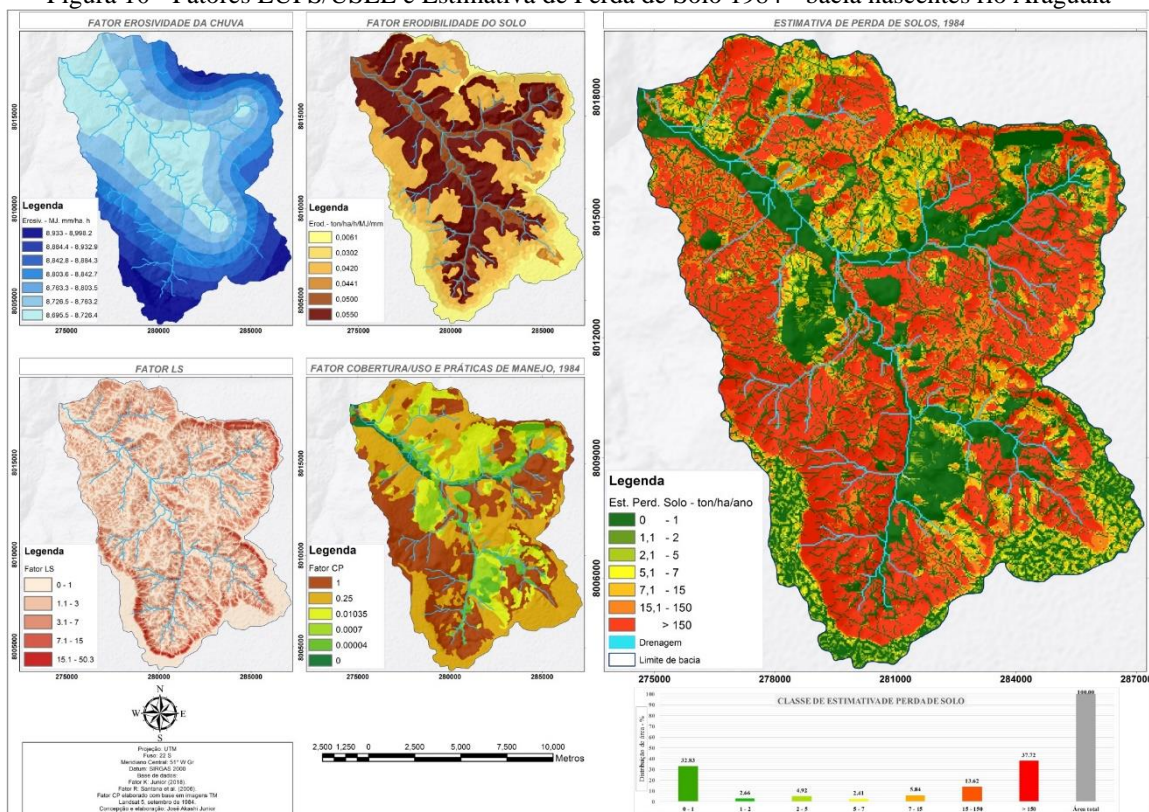
No ano de 1984 na bacia das nascentes do rio Araguaia, em virtude da alta intensidade do processo de desmatamentos, conversão antrópica das vegetações naturais e das vastas áreas com solos expostos/desmatamento (34,15% da área), foram estimadas as mais altas taxas de perda de solo

considerando-se todos os anos da análise multitemporal da EUPS/USLE para esta bacia. Em consequência destes processos, o uso do solo na bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia se apresentou bastante indefinido e desordenado, haja vista, as extensas áreas de solo exposto/desmatamento, ainda sem destinação ao uso antrópico.

Assim, no ano de 1984 as áreas de uso antrópico do solo se fizeram majoritárias, totalizando 69,62% da área total da bacia ou 8.749,56 hectares.

Os principais tipos de uso do solo observados foram: agricultura de grãos, pecuária, solo exposto/desmatamento e queimada. Os valores dos fatores CP adotados para esses tipos de uso solo foram respectivamente 0,25; 0,25; 1; 1.

Figura 10 - Fatores EUPS/USLE e Estimativa de Perda de Solo 1984 - bacia nascentes rio Araguaia

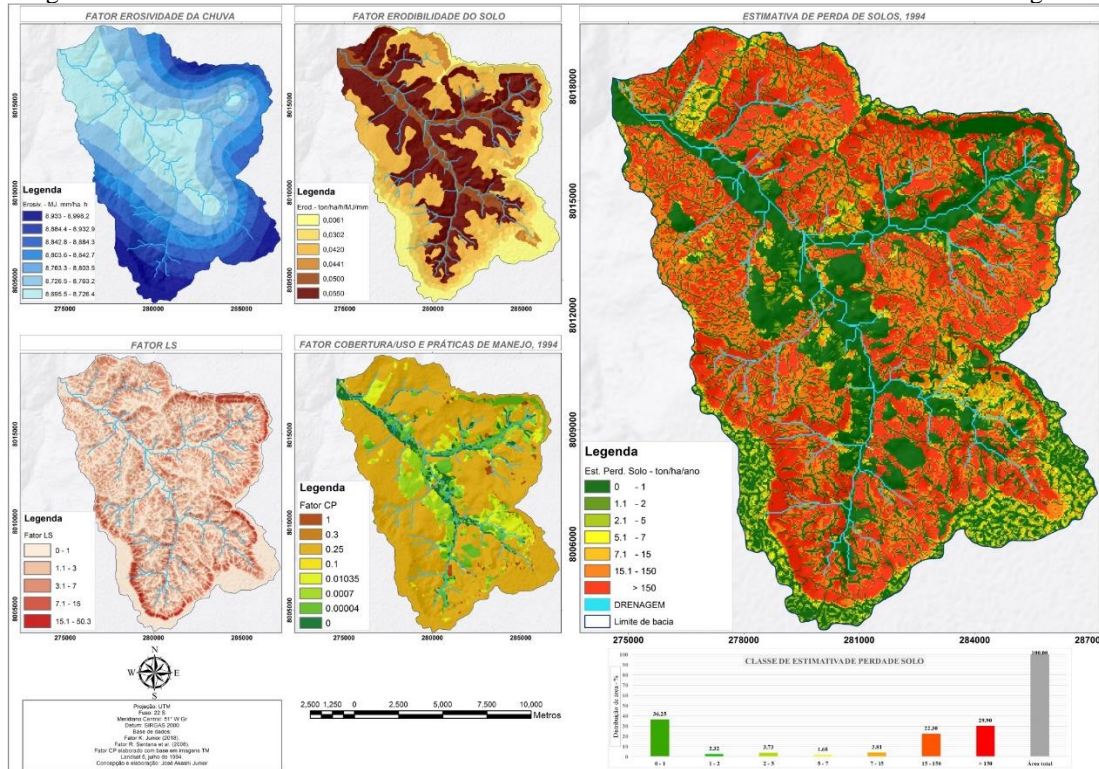


5.1.2 Fator CP/uso e cobertura do solo e perda de solo (EUPS/USLE) – bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia (1994)

No ano de 1994 o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia apresentou traços de melhor definição e ordenamento em relação ao ano de 1984, quando havia forte indefinição destes. Neste sentido, observou-se que as áreas de ‘solo exposto/desmatamento’ extensivamente presentes em 1984, estavam totalmente ocupadas/substituídas pela agropecuária no ano de 1994.

Por outro lado, em 1994, agricultura e pecuária totalizaram uma ocupação correspondente a 72,36% da área da bacia ou 9.093,92 hectares, a maior área destinada à ocupação antrópica observada na série temporal de uso do solo (1984, 1994, 2004, 2011, 2018). Conseqüentemente, as áreas cobertas pelas vegetações naturais foram as menores observadas em toda a série temporal de uso do solo.

Figura 11 - Fatores EUPS/USLE e Estimativa de Perda de Solo 1994 - bacia nascentes rio Araguaia

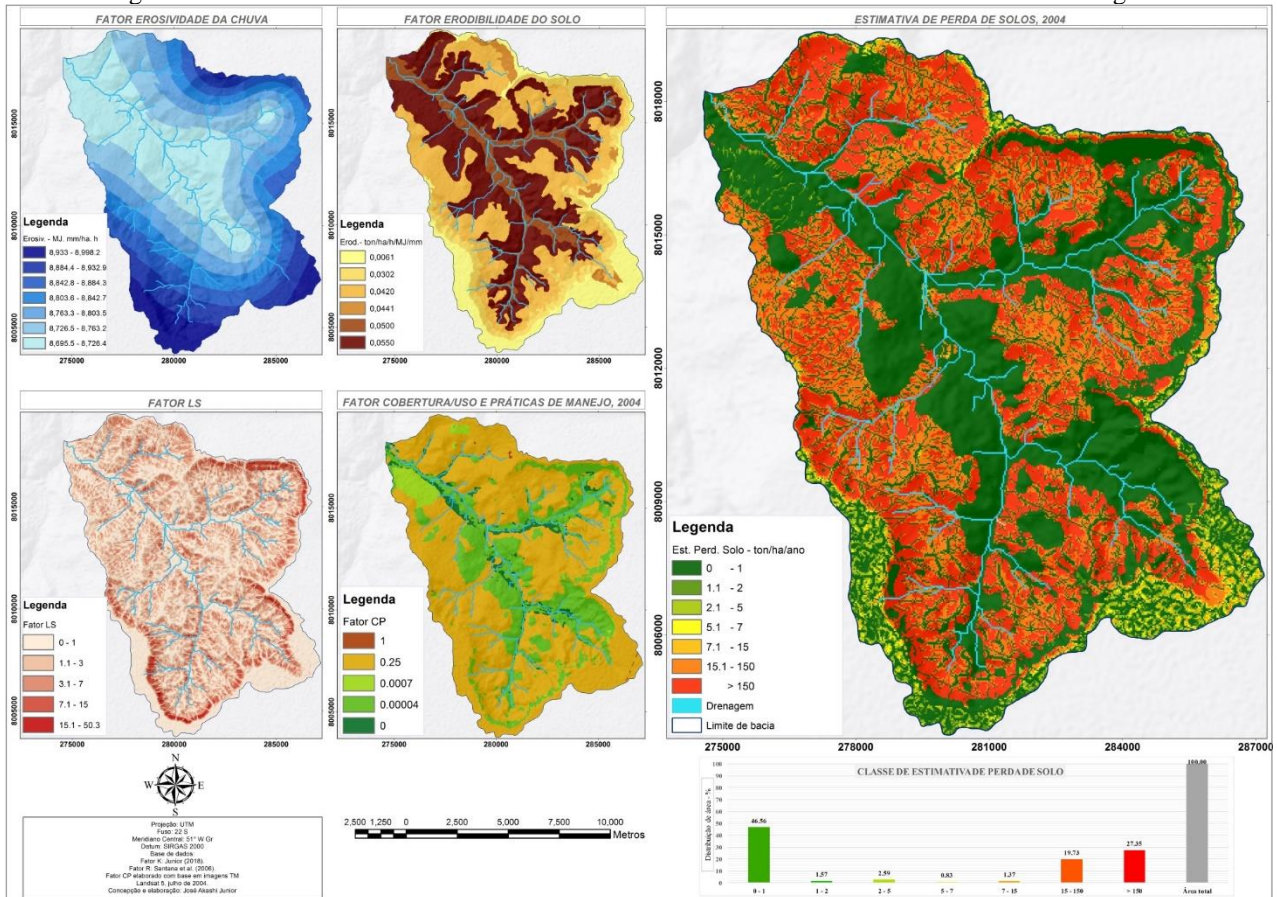


5.1.3 Fator CP/uso e cobertura do solo e perda de solo (EUPS/USLE) – bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia (2004)

No ano de 2004 observou-se melhor definição no ordenamento das áreas destinadas à conservação das vegetações naturais, assim como, das áreas destinadas ao uso antrópico, ambas genericamente definidas e delimitadas em conformidade aos patamares de relevos e tipos de solos. As áreas agrícolas se apresentaram majoritárias, enquanto a prática da pecuária foi restrita a áreas bastante diminutas.

Os tipos de uso antrópico do solo observados na bacia corresponderam à agricultura de grãos (64,26% da área da bacia) e pecuária (3,92% da área da bacia), e juntos totalizaram 68,18% da área total da bacia ou 8.581,16 hectares.

Figura 12 - Fatores EUPS/USLE e Estimativa de Perda de Solo 2004 - bacia nascentes rio Araguaia



5.1.4 Fator CP/uso e cobertura do solo e perda de solo (EUPS/USLE) – bacia hidrográfica das nascentes do rio Araguaia (2018)

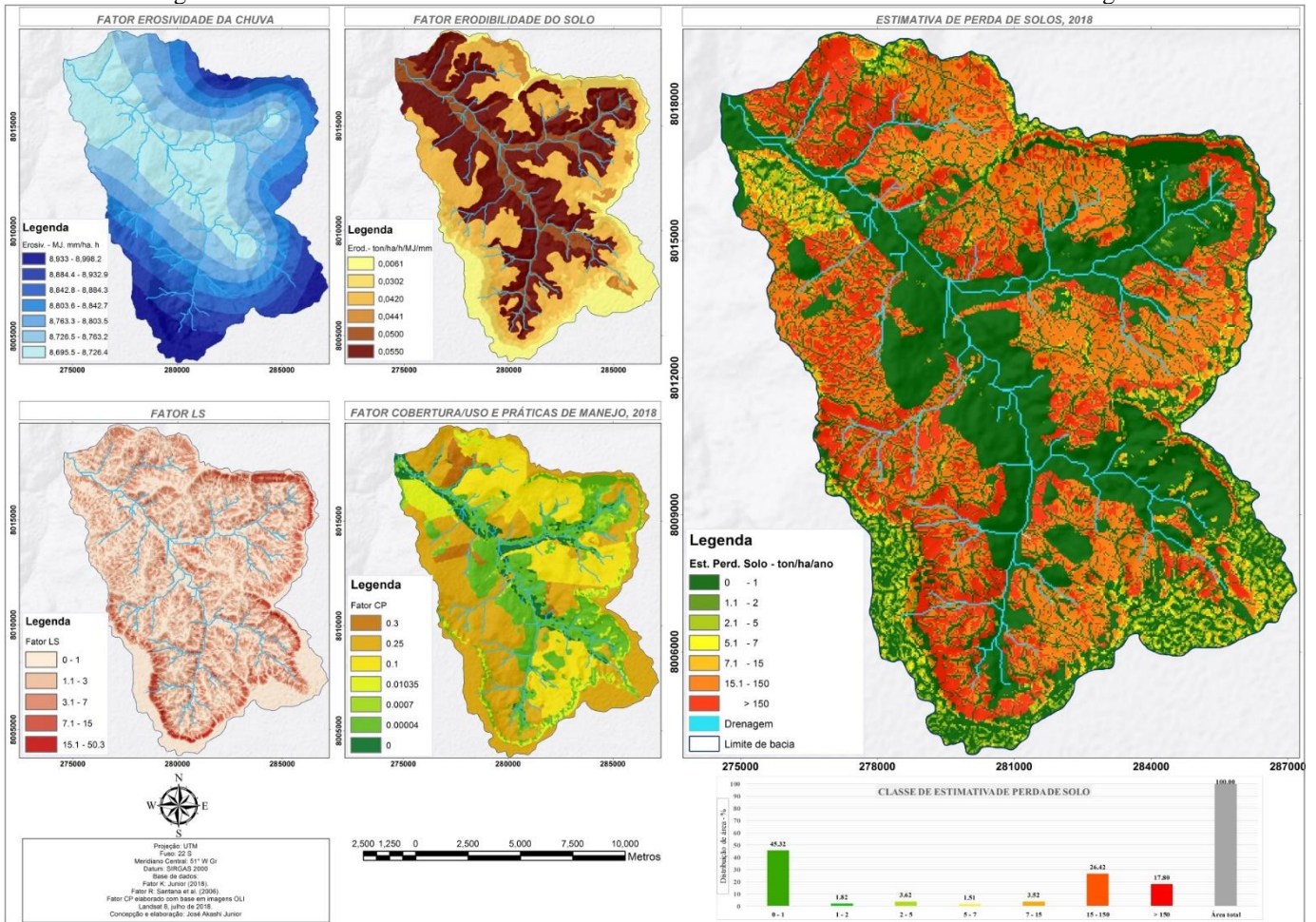
A dinâmica do uso do solo no ano de 2018 segue o ordenamento do uso e cobertura do solo evidenciado desde o ano de 2004, quando se observou as áreas antropizadas ocupando genericamente as áreas correspondentes às Formações Geológicas Botucatu e Cachoeirinha, e as áreas de vegetação natural ocupando as áreas correspondentes à planície do rio Araguaia e as escarpas erosivas.

Considerando-se toda a série multitemporal de uso do solo, é importante destacar que no ano de 2018 verificaram-se as maiores extensões de áreas destinadas à vegetação natural, totalizando 36,55% da área da bacia.

A respeito da ocupação agrícola do ano de 2018 observou-se a introdução da cultura da cana de açúcar em áreas correspondentes a 22% do total da bacia ou 2.764,87 hectares, substituindo áreas de cultivo de grãos. Em razão da extensão das áreas de cana de açúcar e seu baixo valor do fator CP (fator CP=0,1), constatou-se significativa redução na perda de solo total da bacia.

Outro fator associado à redução da perda de solos na bacia se deu em função do aumento da densidade e das áreas de vegetação natural. Conseqüentemente, neste ano foi estimada a menor perda total de solo para a bacia considerando-se toda a série multitemporal de perda de solo da EUPS/USLE.

Figura 13 - Fatores EUPS/USLE e Estimativa de Perda de Solo 2018- bacia nascentes rio Araguaia.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. De modo geral, observou-se ao longo da série multitemporal de perda de solo (1984, 1994, 2004, 2014, 2018) da bacia das nascentes do rio Araguaia, que a progressiva consolidação e definição do ordenamento do uso e cobertura do solo, resultou em gradativa redução na perda de solos.

2. Este trabalho demonstrou através de modelagem (EUPS/USLE) a extraordinária eficiência do Programa Produtor de Água (PPA) no gerenciamento conservacionista hidrossedimentar da bacia das nascentes do rio Araguaia. Em virtude da elevadíssima redução nas estimativas de perda de solo, é possível afirmar que o PPA consiste num ponto de convergência entre os interesses agrícolas assim como aos interesses conservacionistas.

A espacialização do PPA demonstra a importância e/ou necessidade do gerenciamento conservacionista de bacias hidrográficas. Destaca-se na bacia das nascentes do Araguaia a ampla redução na perda de solos na região das superfícies rebaixadas e dissecadas (pedimento) onde predominam os arenosos Latossolos Vermelho-amarelos e os Neossolos Quartzarênicos Órticos, provenientes da Formação Botucatu. A simulação do PPA ainda demonstrou sua eficiência na redução de perda de solos mesmo em



áreas de baixo potencial à erosão, como nas porções altiplanas da bacia, onde predominam os Latossolos Vermelhos da Formação Cachoeirinha.

No entanto, é preciso destacar ao longo do período em análise, a expansão das áreas correspondentes à vegetação natural, sobretudo, as vegetações ripárias do rio Araguaia e seus afluentes. Estas apresentam o caráter de zona-tampão, favorecendo a minimização da deposição de sedimentos no leito do rio, além de sua extensa continuidade na forma de corredores ecológicos naturais.

Esta pesquisa não se ocupou da discussão das perdas de biodiversidade ou de outros tipos de impactos ambientais negativos provenientes das práticas agropecuárias na bacia, mesmo considerando sua importância. Partiu-se do pressuposto que o aumento da infiltração das águas pluviais, a minimização do escoamento superficial e o gerenciamento da bacia hidrográfica, sejam pontos de partida para o (re)estabelecimento do equilíbrio ambiental.



REFERÊNCIAS

- ABATZOGLOU, J. T.; DOBROWSKI, S. Z.; PARKS, S. A.; HEGEWISCH, K. C. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. In: Scientific data, 2018.
- Agência Nacional das Águas (Brasil). O Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério Público (MP) de Goiás vão trabalhar em parceria pela proteção e conservação do Rio Araguaia. Secretaria de Comunicação da Presidência da República (2010). Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/governo-cria-agenda-para-salvar-o-rio-araguaia.2019-03-14.5223487350>> Acesso: 10 de janeiro 2020.
- Agência Nacional de Águas (Brasil). MANUAL OPERATIVO DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA / AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2ª Edição. Brasília: ANA, 2013. 84 p.: il.
- AHMAD, F., 2012. Detection of change in vegetation cover using multi-spectral and multi-temporal information for District Sargodha, Pakistan. *Sociedade Natureza* 24, 557–572.
- ALMEIDA, F. F. M. de et alii. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, 17(1/2): 1-29, Apr 1981.
- ALVARES C. A.; STAPE J. L.; SENTELHAS P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 711–728 (2014).
- ARAÚJO V. A.; MORETON L. C. Unidades litoestratigráficas. In: GEOLOGIA do Estado de Goiás e Distrito Federal. Org. por Maria Luiza Osório Moreira, Luiz Carlos Moreton, Vanderlei Antônio de Araújo, Joffre Valmório de Lacerda Filho e Heitor Faria da Costa. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.
- ARNOLD, J. G. et al. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. *Journal of the American Water Resources Association*, Illinois, v. 34, n. 3, p. 73-89, Feb. 1998.
- ARNOLD, J. G. et al. Regional estimation of base flow and groundwater recharge in the Upper Mississippi river basin. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 227, n. 1/4, p. 21-40, Mar. 2000.
- ARNOLD, J. G.; FOHRER, N. SWAT2000: current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling. *Hydrological Processes*, Chichester, v. 19, n. 3, p. 563-572, Feb. 2005.
- ARRAES, C. L.; BUENO, C. R. P.; PISSARRA, T. C. T. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia córrego do Tijuco, S P. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 849 - 857. 2010.
- ASSAD, E. D. e SANO, E. E. (ed.) (1993) Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA/CPAC.
- ASSAD, E.D. e SANO, E.E. (ed.) (1993) Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA/CPAC.
- BACELLAR, L. A. P. Condicionantes Geológicas, Geomorfológicas e Geotécnicas dos Mecanismos de Voçorocamento na Bacia do Rio Maracujá - Ouro Preto - MG. 2000. 226 p. Tese (Doutorado em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.
- BAGHERZADEH, A. ESTIMATION OF SOIL LOSSES BY USLE MODEL USING GIS AT MASHHAD PLAIN, NORTHEAST OF IRAN. *Arab J Geosci*. 2012.
- BALDISSERA, G. C. Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para a bacia hidrográfica do rio Cuiabá/MT. 2005. 132 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- BAPTISTA, G. M. M. Diagnóstico Ambiental de Erosão Laminar: Modelo Geotecnológico e Aplicação. Brasília: Universa, 2003.
- BARBALHO M. G. S.; CASTRO S. S. Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle dos processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT/MS). In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, IV, 2002. Anais... São Luís: UGB, 2002.



BARBALHO, M. G. S. Processos erosivos lineares nas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do rio Araguaia no estado de Goiás: relações com a cobertura vegetal e o uso da Terra. 2010, 194 p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2010.

BARBALHO, M. G. S.; SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. A Expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), São Paulo, n. 29, 20136, p. 98 - 110.

BARBALHO, Maria Gonçalves da Silva. MORFOPEDOLOGIA APLICADA AO DIAGNÓSTICO E DIRETRIZES PARA O CONTROLE DOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA (GO/MT). Dissertação (mestrado). Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio Ambientais. Goiânia, 2002. 146 f.: Il.

BARBOSA C. C. A., ATKINSON P. M., DEARING J. A. Remote sensing of ecosystem services: A systematic review. Ecological Indicators 52 (2015) 430–443

BARBOSA, A. S. SUSTENTABILIDADE NO SISTEMA BIOGEOGRÁFICO DO CERRADO. POLITIKA - Fundação João Mangabeira, BRASÍLIA - DF, p. 6 - 19, 31 ago. 2016.

BARROS, A M et alii. Geologia. In: PROJETO RADAMBRASIL Folha SD 21 Cuiabá. Rio de Janeiro, 1982. (Levantamento de Recursos Naturais, 26).

BARROS, L.G.M. O USO DOS SISTEMAS NA GEOGRAFIA – ESBOÇO METODOLÓGICO. In: REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V. 1, N.4, p. 59 – 68, 2012.

BATISTA, G. M. M. Diagnóstico ambiental da perda laminar de solos no Distrito Federal por meio do geoprocessamento. 1997. 112 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo 6ª ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.

BESKOW, S., MELLO, C.R., NORTON, L.D., CURI, N., VIOLA, M.R., AVANZI, J.C. (2009) Soil Erosion Prediction in the Grande River Basin, Brazil Using Distributed Modelling. Catena , 79, 49-59.

BLANCO, H.; LAL, R. Principles of soil conservation and management. Hays, KS: Springer, 2008. 626 p.

BOIN, M. N.; ZAVATTINI, J. A. Variações do Ritmo Pluvial no Oeste Paulista: gênese e impactos erosivos. Geografia, v. 30, p. 115-139, 2005.

BORGES K.M.R, CARVALHO JÚNIOR O.A, MARTINS E.S, GOMES R.A.T, GUIMARÃES R.F. Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do rio Carinhanha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos. In: GEOgraphia, v. 14, n. 27 (2012).

BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In VITTE, A. C; GUERRA. A, J. T. (Org.). Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2004. p. 153 - 188.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 07 março 2017.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em : < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 07 março 2017.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 07 março 2017.



BROOKS, K. N. HYDROLOGY AND THE MANAGEMENT OF WATERSHEDS / Kenneth N. Brooks, Peter F. Ffolliott, Joseph A. Magner. – 4th ed. 2012.

BUTT, A., SHABBIR R., AHMAD S. S., AZIZ N. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. Egypt. J. Remote Sensing Space Sci. (2015).

BUTTAFUOCO, G; CONFORTI, M; AUCELLI, PPC; ROBUSTELLI, G; SCARCIGLIA, F. ASSESSING SPATIAL UNCERTAINTY IN MAPPING SOIL ERODIBILITY FACTOR USING GEOSTATISTICAL STOCHASTIC SIMULATION. Environ Earth Sci (2012) 66:1111–1125.

CABACINHA C. D. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Rio Araguaia na savana brasileira. In: Revista FLORESTA, v. 40 n. 4, p. 675 – 690, Curitiba – PR. 2010. ISSN Eletrônico 1982-4688.

CAPITANI, C., K. MUKAMA, B. MBILINYI, I. MALUGU, P. K. T. MUNISHI, N. D. BURGESS, P. J. PLATTS, S. Sallu, and R. MARCHANT. 2016. FROM LOCAL SCENARIOS TO NATIONAL MAPS: A PARTICIPATORY FRAMEWORK FOR ENVISIONING THE FUTURE OF TANZANIA. Ecology and Society (2016), 21(3):4.

CARVALHO, J. C (Org.); SALES, M. M. (Org.); SOUZA, N. M. (Org.); MELO, M. T. S. (Org.). Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro. 1. ed. Brasília: FINATEC, 2006. v. 1. 464 p.

CASTRO, S. S. Erosão hídrica na alta bacia do rio araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. Revista do Departamento de Geografia, 17 (2005) 38-60.

CASTRO, S. S. et al. Estudo da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais. In SBPC, II Fórum de C&T no Cerrado. Goiânia, GO, 2007.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L.S. (organizadores). PLANO DE CONTROLE DA EROSÃO LINEAR DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DAS NASCENTES DOS RIOS ARAGUAIA E ARAGUAINHA – GO e MT. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás, Instituto de Estudos Sócio Ambientais (UFG). Goiânia, 2004.

CASTRO, S.S.de; XAVIER, L.de.S.; BARBALHO, M.G. da S. Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares. – Goiânia: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás, 2004. 75 p.: il.

CASTRO, Selma Simões de. EROSÃO HÍDRICA NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA: DISTRIBUIÇÃO, CONDICIONANTES, ORIGEM E DINÂMICA ATUAL. Revista do departamento de Geografia, 17 (2005) 38-60.

CASTRO, W. J. de. et al. Erodibilidade de solos do cerrado goiano. Revista em agronegócio e meio ambiente - RAMA, Maringá, v. 4, n. 2, p. 305-320. 2011.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE GOIÁS - CELG - Levantamento de campo para elaboração de projeto de recuperação das voçorocas (Relatório Final do Projeto de Recuperação Ambiental das Nascentes do Araguaia), 1998.

CHAVES, H. M. L. Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa do Produtor de Água” (ANA): I. Teoria. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 9 n.3 Jul/Set 2004, 05-14.

CHORLEY, R. J. DIRECTIONS IN GEOGRAPHY. London. Methuen, 1973.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and General Systems Theory. In Theoretical Papers in the Hydrologyc and Geomorphic Scienses, 1962. p. 1 - 9.

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. Models, Paradigmes and The New Geography. In: Physical and Information Models in Geography. CHORLEY, R. J. e HAGGETT, P. (Ed.), Londres: Methuen & Co., 1967.

CHORLEY, R.J.; HAGGETT, P. Modelos físicos e de informação em geografia. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1975. 260p.

CHRISTOFOLETTI, A. A aplicação da abordagem em sistemas na Geografia Física. Revista Brasileira de Geografia, 52. São Paulo, 1990. P. 21-35.



CHRISTOFOLETTI, Antônio. As características da nova geografia. In: Perspectivas da geografia. São Paulo: Difel, 1985, p.71-101.

CHRISTOFOLETTI. As Perspectivas dos Estudos Geográficos. In: Perspectivas da Geografia. (Ed.). São Paulo: DIFEL, 11-36, 1982.

CHRISTOFOLETTI. Modelagem de sistemas ambientais. 1ª edição – São Paulo, 1999.

CHU, T. W. et al. Watershed level BMP evaluation with SWAT model. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 52., 2005, Saint Joseph. Proceedings... Saint Joseph: ASAE, 2005. p. 25.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. (Org.). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 7º Edição. São Paulo: Editora Bertrand Brasil, 1994. p. 93 - 144.

COLLISHONN, W. Simulação hidrológica de grandes bacias. 2001. 194 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Projeto de lei nº 792, de 2007. Dispõe sobre a definição de serviços ambientais e dá outras Providências. Autor: Deputado Anselmo de Jesus. Relator: Deputado Jorge Khoury.

Corrêa E. A, Moraes I. C, Pinto A.S.F, Lupinacci C.M. Perdas de Solo, Razão de Perdas de Solo e Fator Cobertura e Manejo da Cultura de Cana-de-Açúcar: Primeira Aproximação. In: *Revista do Departamento de Geografia*, V. 32 (2016) 72-87.

CORRÊA E. A, MORAES I. C, PINTO S. A. F, LUPINACCI C. N. Perdas de Solo, Razão de Perdas de Solo e Fator Cobertura e Manejo da Cultura de Cana-de-Açúcar: Primeira Aproximação. *Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo* V.32 (2016).

COSTA, F.R. da; ROCHA, M.M. GEOGRAFIA: CONCEITOS E PARADIGMAS - APONTAMENTOS PRELIMINARES. *Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino*. Vol. 01, Nº 02, 2º SEM/2010.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 17-23, 1978.

DEMARCHI, J. C.; ZIMBACK, C. R. L. Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perda de solo na sub-bacia do ribeirão das Perobas. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 29, n.2, p. 102-114. 2014.

DEMERRIT D, Wainwright J. Models, Modelling, and Geography. In: *Questioning geography : fundamental debates* (N. Castree, A. Rogers, D. Sherman) Oxford, Blackwell 2005.

DEUS, J. B. de. As atuais transformações estruturais na economia goiana e os seus desdobramentos nas mudanças socioespaciais. ALMEIDA, M. G. de (Org.). *Abordagens geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade*. Goiânia: IESA, 2002. P. 11- 45.

DONZELLI, P. L. VALERIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F.; NOGUEIRA, F.P.; ROTTA, C.L. & LOMBARDI NETO, F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de Microbacias hidrográficas. *Documentos IAC*, Campinas, n. 29, p. 91-119, 1992.

DUBREUIL V., FANTE K. P., PLANCHON O., SANT'ANNA NETO J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. In: *Confins - Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia*, número 37, 2018.

DURÃES, M.; MELLO, C. Spatial distribution of the potential and current soil erosion for the Sapucaí River Basin, MG, Brazil. In: *Eng Sanit Ambient* | v.21 n.4 | out/dez 2016 | 677-685

EHLERS, Eduardo. O que se entende por agricultura sustentável. 1994. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

EITEN, G. Delimitação do conceito de Cerrado. *Arquivos do Jardim Botânico*, Rio de Janeiro, v. 21, p. 125-134, 1977.

ELLIS, E. Land-use and land-cover change. In *Encyclopedia of Earth*. Environmental Information Coalition, Cleveland, C.J., Ed.; National Council for Science and the Environment: Washington, D.C., 2012.



EL-SWAIFY, S.A. Soil erosion and conservation in the humid tropics. In: World soil and Conservation. Cambridge University Press, digitally printed version, 2009. David Pimentel (editor).

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. – Rio Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. Xxvi, 412p.: il.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. 5° ed., rev. e ampl. – 2018. Brasília, DF.

EMBRAPA. SOLOS FRÁGEIS: Caracterização, Manejo e Sustentabilidade. Editores: Selma Simões de Castro e Luís Carlos Hernani. Brasília, DF. 2015.

Farhan Y. and Nawaiseh, S. (2015) Spatial Assessment of Soil Erosion Risk Using RUSLE and GIS Techniques. *Environmental Earth Sciences*, 74, 4649-4669.

FATICHI, S. et al. An overview of current applications, challenges, and future trends in distributed process-based models in hydrology. *Journal of Hydrology*, 537, 45-60, 2016.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W. e MACHADO, J. W. B. 2000. Recuperação de Matas de Galeria. (Embrapa Cerrados Documentos, 21) Embrapa Cerrados, Planaltina, 45 p.

FERNANDES, N. F. Modelagem em Geografia Física: Teoria, Potencialidades e Desafios. Espaço Aberto, PPGG - UFRJ, V. 6, N.1, p. 209-247, 2016. ISSN 2237-3071.

FISHER, P.; COMBER, A.J.; WADSWORTH, R. Land use and land cover: Contradiction or complement. In *Re-Presenting GIS.*; Fisher, P.; Unwin, D., Eds.; Wiley: London, UK, 2005; 85–98.

FOX, J. and VOGLER, J.B., 2005, Land-use and land-cover change in Montane mainland Southeast Asia. *Environmental Management*, 36, pp. 394–403.

FREDERICO, S. Modernização da agricultura e uso do território: a dialética entre o novo e o velho, o interno e o externo, o mercado e o Estado em áreas do cerrado. In: *GeoUsp – espaço e tempo*, n. 33 Especial, p. 218- 232, 2013.

FULFARO, V. J. ; GAMA JUNIOR, E. G. ; SOARES, P. C. Revisão estratigráfica da bacia do Paraná. São Paulo, PAULIPETRO, 1980 155p (Relatorio BP-008180).

GARBOSSA, L.H.P.; VASCONCELOS, L.R.C.; LAPA, K.R.; BLAINSKI, E.; PINHEIRO, A. The use and results of the Soil and Water Assessment Tool in Brazil: A review from 1999 until 2010. International SWAT Conference & Workshops, Toledo – Espanha. 27 p. 2011.

GARRIDO, K. M. Aplicação do modelo matemático de simulação com utilização de SIG à bacia do rio Jiquiriçá, Bahia. 2003. 186 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

GELAGAY, H. S. & MINALE, A. S. SOIL LOSS ESTIMATION USING GIS AND REMOTE SENSING TECHNIQUES: A CASE OF KOGA WATERSHED, NORTHWESTERN ETHIOPIA. *International Soil and Water Conservation*. 2016.

GOIÁS (Estado). Caracterização Climática do Estado de Goiás. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2006. 133 p. il. (Série Geologia e Mineração n° 03. 1. Clima – Goiás. 2. Precipitação Pluviométrica. 3. Temperatura do Ar. 4. Umidade Relativa do Ar. I. SILVA, S. C. da. II. SANTANA, MN. M. P. de. III. PELEGRINI, J. C.

GOIÁS (Estado). Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás: Relatório Final. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2005.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Hidrogeologia do Estado de Goiás. Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração, 2006. (Geologia e Mineração, n.1).

Gomes, L; Simões, S.J.C; Forti, M.C; Ometto, J.P.H.B. and Nora, E.L.D. (2017) Using Geotechnology to Estimate Annual Soil Loss Rate in the Brazilian Cerrado. *Journal of Geographic Information System*, 9, 420-439.



GONÇALVES, A.; SCHNEIDER, A. C. Geologia do Centro-Leste do Mato Grosso. Ponta Grossa: PETROBRAS-DESUL, 1970. 43p. (Relatório n. 394)

GRIENSVEN, A. van et al. A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 324, n. 1/4, p. 10-23, Apr. 2006.

GUERRA, A. T. O início do processo erosivo. In: *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Guerra, A; SILVA, A; BOTELHO, R (organizadores), 1999. 340 p.

_____. Processos erosivos nas encostas. In: *Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos*. GUERRA, A; CUNHA, S (organizadores). 8ª edição, 2008. 472 p.

GURGEL R. S, CARVALHO JÚNIOR O.A, GOMES R.A.T, GUIMARÃES R.F, CÂMARA J.F.A, SOBRINHO D.A, MARTINS, E. S, BRAGA, A.R.S. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 15, n.3,set./dez. 2011.

GUZHA, AC; RUFINO, MC; OKOTH, S; JACOBS, S; NÓBREGA, RLB. IMPACTS OF LAND USE AND LAND COVER CHANGE ON SURFACE RUNOFF, DISCHARGE AND LOW FLOWS: EVIDENCE FROM EAST AFRICA. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15, Pages 49-67:2018.

HENRIQUES, R. P. B. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: MMA, 2005. p. 73-92.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Investigação, caracterização da fenomenologia e diretrizes para o controle corretivo e preventivo de nove feições erosivas lineares e respectivas bacias de contribuição - Bacia Hidrográfica do Alto Araguaia, GO/MT. Relatório no. 36.904. 1998.

KÖPPEN, W. *Climatología*. Buenos Aires, Fondo de Cultura. 1948.

KUMAR, A.; DEVI, M.; DESHMUKH B. Integrated Remote Sensing and Geographic Information System Based RUSLE Modelling for Estimation of Soil Loss in Western Himalaya, India. *Water Resource Manage*. 2014.

LACERDA FILHO J. V.; FRASCA A. A. S. Compartimentação geotectônica. In: *GEOLOGIA do Estado de Goiás e Distrito Federal*. Org. por Maria Luiza Osório Moreira, Luiz Carlos Moreton, Vanderlei Antônio de Araújo, Joffre Valmório de Lacerda Filho e Heitor Faria da Costa. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.

LACERDA FILHO, VALMÓRIO J.; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federa*. Organizado Por Joffre Valmório de Lacerda Filho, Abelson Rezende e Aurelene da Silva. 1:500.000. Goiânia: CPRM, 1999. (Conv. CPRM/METAGO S.A./UnB). 200p. il.; + mapas.

LAMBIN, E., GEIST, H., LEPERS, E. DYNAMICS OF LAND-USE AND LAND-COVER CHANGE IN TROPICAL REGIONS. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28, 205–241: 2003.

LATRUBESSE E.M.; AMSLER M.L.; MORAIS R.P.; AQUINO S. The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. In: *Geomorphology* 113 (2009) 239–252.

LEPSCH, I. 19 *Lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

LI, L.; JIANG, D.; LI, J.; LIANG, L.; ZHANG, L. ADVANCES IN HYDROLOGICAL RESPONSE TO LAND USE/LAND COVER CHANGE. *J. Nat. Resour.* 2007, 22 (2), 211–224.

LIMA, J. E. F. W. 2010. Modelagem numérica do fluxo da água no solo e do escoamento de base em uma bacia experimental em área agrícola no Cerrado. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. 312p.

LIMA, J.E.F.W; SILVA, E.M; STRAUCH, M; LORZ, C. Desenvolvimento de base de dados de solos para a aplicação do modelo SWAT em bacia do bioma Cerrado. In: *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves. 2013.

LIMBERGER, L. *ABORDAGEM SISTÊMICA E COMPLEXIDADE NA GEOGRAFIA*. 2006.



LIU, J.; ZHANG, C.; KOU, L.; and Zhou Q. Effects of Climate and Land Use Changes on Water Resources in the Taoer River. Hindawi. *Advances in Meteorology*, Volume 2017, Article ID 1031854, 13 pages.

MACHADO, R. E. Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. 2002. 154 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A.; XAVIER, A. C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 27, n. 4, p. 727-733, jul./ago. 2003.

MAMEDE, L.; ROSS, J.S.; SANTOS, L.M.; NASCIMENTO, M.A.L.S. (1983). Geomorfologia. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SD.22, Goiânia. Rio de Janeiro: Levantamento de Recursos Naturais V.31: 349-412.

MANNIGUEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda de solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335 - 1340, 2002.

MARCHIORO, E. et. al. Modelagem da produção de sedimentos usando cenário ambiental alternativo no noroeste do Rio de Janeiro – Brasil. In: *Geografias*. Belo Horizonte, 01 de Janeiro - 30 de Junho de 2014. Vol.10, nº 1, 2014.

MARCHIORO, E. Modelagem hidrossedimentológica na bacia do córrego Santa Maria: subsídios à aplicação de práticas de conservação de água e solo no noroeste Fluminense. 2008. 196 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MARINHO, G. V.; CASTRO, S. S. Estudo de piezometria com ênfase aos processos de Voçorocamento na alta bacia do rio Araguaia/GO. In: CBCS, XXIX, 2003, Ribeirão Preto. *Anais... Ribeirão Preto: UNESP*, 2003.

MARTINS, M. S. Substrato geológico e suas relações com os processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. 2000. 63 p. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais - Universidade Federal Goiás, Goiânia, 2003.

Meyfroidt, P., K. M. Carlson, M. E. Fagan, V. H. Gutiérrez-Vélez, M. N. Macedo, L. M. Curran, R. S. DeFries, G. A. Dyer, H. K. Gibbs, E. F. Lambin, D. C. Morton, and V. Robiglio. 2014. Multiple pathways of commodity crop expansion in tropical forest landscapes. *Environmental Research Letters* 9(7):074012.

MIGUEL, P. Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do rebordo do planalto do RS. 2010. 110 p. Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) –Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MINSHULL, R. An introduction to models in Geography. New York: Longman Group Limited, 1975.

MISHRA, A.; KAR, S.; SINGH, V. P. Prioritizing structural management by quantifying the effect of land use and land cover on watershed runoff and sediment yield. *Water Resource Management*, Ann Arbor, v. 21, n. 11, p. 1899-1913, Nov, 2007.

MIZUMOTO, Celso Norimitsu. O CERRADO E O SEU BRILHO. 432 p. São Paulo. 2009.

MONTEIRO, C. A. de F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia*, São Paulo, a. 1, n. 1, p. 3-45, 1951.

MORAIS, R. C. S.; SALES, M. C. L. Estimativa do potencial natural de erosão dos solos da bacia hidrográfica do Alto Gurgueia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. *Caderno de Geografia*, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 84 - 101, 2017.

MORGAN, R. P. C. Soil erosion and conservation – Blackwell Publishing, 3rd ed, 316 p. 2005.

MORIASI D.N; ARNOLD J. G; VAN LIEW M. W; BINGER R. L; HARMEL R. D; VEITH T. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans ASABE*, v.50, p.885-900, 2007.

MULLIGAN, M.; WAINWRIGHT, J. Modelling and Model Building. In: *Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity*. 2nd WAINWRIGHT, J. e MULLIGAN, M. (Ed.). Chichester: Wiley-Blackwell, 2a., 7-26, 2013.



MUTTITANON, W. and TRIPATHI, N.K., 2005, Land use/land cover changes in the coastal zone of Ban Don Bay, Thailand using Landsat 5 TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 26, pp. 2311–2323.

NASCIMENTO, M. A. L. S. Geomorfologia do estado de Goiás. In: *Boletim Goiano de Geografia*. Goiânia: UFG, V.12, n.1. Jan./Dez. 1991.

NEITSCH, S. L. et al. Soil and water assessment tool: theoretical documentation version 2005. Temple: Blackland Research Center, 2005. 541 p. NEITSCH, S. L. et al. Soil and water assessment tool: theoretical documentation version 2005. Temple: Blackland Research Center, 2005. 541 p.

NIMER E. Clima. In: Duarte, A.C. (Ed.) *Geografia do Brasil*, Vol. 1. Região Centro-Oeste. IBGE, Rio de Janeiro. 1989.

NIMER, E. Clima na Região Centro-Oeste. Fundação IBGE. Rio de Janeiro - RJ, 1989.

NIMER, E. Climatologia Centro-Oeste da Região do Brasil, introdução à Climatologia Dinâmica - Subsídios à Geografia Regional do Brasil. In: *R. Bras. Geog.*, Rio de Janeiro, 34(4) :3-30 out./dez. 1972.

Novaes, A.S.S., Z.P. Amaral Filho, P.C. Vieira & A.G.C. Fraga. 1983. *Pedologia*. In: Projeto Radambrasil, Folha SE.22 - Goiânia. Rio de Janeiro, p. 413-576. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

NOVAES, A.S.S.; AMARAL, F.O.; VIEIRA, P.C.; FRAGA, A.G.C. (1983). Levantamento Exploratório dos Solos. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE22, Goiânia. Rio de Janeiro. Levantamento de Recursos Naturais, 31: 413-576.

NUNES J. O. R., SANT'ANNA NETO J. L., TOMMASELLI J. T. G., AMORIM M. C. C., PERUSI M. C. A INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS CIENTÍFICOS NA GEOGRAFIA FÍSICA. In: *Terra Livre*. 2006.

NUNES, E. D. Modelagem de processos erosivos hídricos lineares no município de Mineiros – GO. 2015. 242 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

OLIVEIRA P.M. Programas agrícolas na ocupação do Cerrado. In: *Sociedade e Cultura*, v. 3, n. 1 e 2, jan/dez. 2000, p. 111-131.

OLIVEIRA VCV, Castro SS. Compartimentação morfo-pedológica, sistemas pedológicos e erosão laminar: Algumas considerações sobre o setor sul da alta bacia do rio Araguaia-GO/MT. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology. Anais... Goiânia - Goiás, 2006.

OLIVEIRA, A.; SOUZA, R. M. CONTRIBUIÇÕES DO MÉTODO GEOSISTÊMICO AOS ESTUDOS INTEGRADOS DA PAISAGEM. In: *Geoambiente online*, 2012.

OLIVEIRA, F. G; SERAPHIM, O. J.; BORJA, M.E.L. Estimativa de perdas de solo e do potencial natural de erosão da bacia de contribuição da microcentral hidrelétrica do lageado, Botucatu – SP. In: *Energ. Agric.*, Botucatu, vol. 30, n.3, p.302-309, julho-setembro, 2015

OLIVEIRA, J. A.; DOMINGUEZ, J. M. L.; NEARING, M. A.; OLIVEIRA, P. T. S. A GIS-Based procedure for automatically calculation soil loss from the universal soil loss equation: GISus-M. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. v. 31, n. 6, 2015. p. 907–917.

OLIVEIRA, J. S. Avaliação de modelos de elevação na estimativa de perda de solos em ambiente SIG. 2012. 103 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Spatial variability of the rainfall erosive potencial in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, Brazil. *Engenharia Agrícola*, n. 32, p. 69 - 79. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000100008>.

OLIVEIRA, P. T. S; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. *Catena*. n. 100, p. 139 - 147, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2012.08.006>

OLIVEIRA. V. C. V. Suscetibilidade e risco à erosão laminar no setor sul do alto curso da bacia do rio araguaia (go/mt): discussão metodológica e proposta de avaliação espacial. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2004.

OLSON, J.M., Alagarswamy, G., Andresen, J.A., Campbell, D.J., Davis, A.Y., Ge, J., Huebner, M., Lofgren, B.M., Lusch, D.P., Moore, N.J., Pijanowski, B.C., Qi, J., Thornton, P.K., Torbick, N.M., Wang, J. INTEGRATING DIVERSE METHODS TO UNDERSTAND CLIMATE AND INTERACTIONS IN EAST AFRICA. *Geoforum* 39, 898–911: 2008.



OZSAHIN, E.; DURU, U.; EROGLU, I. LAND USE AND LAND COVER CHANGES (LULCC), A KEY TO UNDERSTAND SOIL EROSION INTENSITIES IN THE MARITSA BASIN. *Water* 10, 335: 2018.

PAIBOONVORACHAT, C.; OYANA T.J. Land-cover changes and potential impacts on soil erosion in the Nan watershed, Thailand. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 32, No. 21, 10 November 2011, 6587–6609.

PANDEY, A., CHOWDARY, V.M. and MAL, B.C. (2007) Identification of Critical Erosion Prone Areas in the Small Agricultural Watershed Using USLE, GIS and Remote Sensing. *Water Resource Management*, 21, 729-746.

PARANHAS FILHO A.C, FIORI A.P, DISPERATI L, LUCCHESI C, CIALI A, LASTORIA G. Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarizinho-MS. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 52, p. 49-59, 2003. Editora UFPR.

PARANHOS FILHO, A. C. Análise geo-ambiental multitemporal: o estudo de caso da região de Coxim e da Bacia do Taquarizinho (MS – Brasil). 2000. 213 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2000.

Parker, D. C., A. Hessl, and S. C. Davis. 2008. Complexity, landuse modeling, and the human dimension: fundamental challenges for mapping unknown outcome spaces. *Geoforum* 39(2):789-804.

PATIL R. J.; SHARMA S. K.; TIGNATH S. Remote Sensing and GIS based soil erosion assessment from an agricultural watershed. *Arabian Journal of Geosciences* (2015) Volume 8, Issue 9, pp 6967–6984

PAULA M. M.; DIOGO A.; CARBALLAL M. R.; GOMES M. A. F. Realidade socioeconômica das propriedades rurais na região das nascentes do Rio Araguaia, GO/MT. In: *Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil e impactos na qualidade. Implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental.* Marco Antônio Ferreira Gomes (editor técnico). Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Brasília, DF.

PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo, 2002. 549 p.

PROCHNOW, D.; DECHEN, S. C. F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. de; VIEIRA, S. R. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.1, 2005, p. 91-98.

RAMALHO FILHO, A. And BEEK, K.J. Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (1995). 3th Edition, EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro.

RAO, K.S. and PANT, R., 2001, Land use dynamics and change pattern in a typical micro watershed in the mid elevation zone of central Himalaya, India. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 86, pp. 113–123.

REID, R.S., KRUSKA, R.L., MUTHUI, N., TAYE, A., WOTTON, S., WILSON, C.J. and MULATU, W., 2000, Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiopia. *Landscape Ecology*, 15, pp. 339–355.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. and Yoder, D.C. (1997) *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 703, USDA.

RENARD, P.; ALCOLEA, A.; GINSBOURGER, D. Stochastic versus Deterministic Approaches. In: *Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity*. WAINWRIGHT, J. e MULLIGAN, M. (Ed.). Chichester: Wiley-Blackwell, 2a, 33-149, 2013.

RENNÓ, C. D.; SOARES, J. V. Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental - Relatório Técnico Parcial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dezembro, 2000.

RESENDE, A. Estudo do Processo de Voçorocamento na Bacia do Córrego Capivara - Alta Bacia do Rio Araguaia, em Mineiros (GO). 2003. 148 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

REZENDE, A. et al. Descrição das unidades litoestratigráficas do estado de Goiás e do Distrito Federal. In: *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. 1:500.000. Goiânia: CPRM, 1999. (Conv. CPRM/METAGO S.A./UnB).



RIBEIRO & WALTER. As Matas de Galeria no contexto do Bioma Cerrado. In: Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria. RIBEIRO, José Felipe; FONSECA, Carlos Eduardo Lazarin da; SILVA, José Carlos Sousa. (org) – Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 899p.

RIBEIRO J. F.; WALTER B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008. 876 p.

RIZEEI H. M.; SAHARKHIZ M. A.; PRADHAN B.; AHMAD N. SOIL EROSION PREDICTION BASED ON LAND COVER DYNAMICS AT THE SEMENYIH WATERSHED IN MALAYSIA USING LTM AND USLE MODELS. Geocarto International, 2016.

RIZZINI, C. T. Tratado de Fitogeografia do Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997.

Rounsevell, M. D. A., B. Pedroli, K.-H. Erb, M. Gramberger, A. G. Busck, H. Haberl, S. Kristensen, T. Kuemmerle, S. Lavorel, M. Lindner, H. Lotze-Campen, M. J. Metzger, D. Murray-Rust, A. Popp, M. Pérez-Soba, A. Reenberg, A. Vadineanu, P. H. Verburg, and B. Wolfslehner. 2012. Challenges for land system science. *Land Use Policy* 29(4):899-910.

RUIZ, Amarildo Salinas et al. Descrição das Unidades Litoestratigráficas. In: Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso. Org. Joffre Valmório de Lacerda Filho, Waldemar Abreu Filho, Cidney Rodrigues Valente, Cipriano Cavalcante de Oliveira e Mário Cavalcanti Albuquerque. Esc. 1:1.000.000. Goiânia: CPRM, 2004. (Convênio CPRM/SICME).

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos Processos Erosivos. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.) Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. P. 340.

SANTANA, Neiva Maria Pio de, et al. CHUVAS, EROSIVIDADE, ERODIBILIDADE, USO DO SOLO E SUAS RELAÇÕES COM FOCOS EROSIVOS LINEARES NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA. In: Sociedade & Natureza, Uberlândia, 19 (2): 103-121, dez. 2007.

SANTHI, C. et al. A modeling approach to evaluate the impacts of water quality management plants implemented in the Big Cypress Creek watershed. Saint Joseph: ASAE, 2003. 701 p. (ASAE Publication, 1503).

SCOPEL, I.; SILVA, M. R. Erodibilidade no Estado de Goiás. Uniciência, Anápolis, v.8, n.1 e 2, p. 123-132, 2001.

SEN, K.K., SEMWAL, R.L., RANA, U., NAUTIYAL, S., MAIKHURI, R.K., RAO, K.S. and SAXENA, K.G., 2002, Patterns and implications of land-use/cover change: a case study in Pranmati watershed (Garhwal Himalaya, India). *Mountain Research and Development*, 22, pp. 56–62.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA B. A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília – DF. 2008.

SINGH, S.K.; BASOMMI L.P.; MUSTAK, Sk.; SRIVASTAVA P.K.; SZABÓ S. MODELLING OF LAND USE LAND COVER CHANGE USING EARTH OBSERVATION DATASETS OF TONS RIVER BASIN, MADHYA PRADESH, INDIA. Geocarto International, 2017.

SOUSA JUNIOR, J. J.; FREIRE, F. A.; OLIVEIRA, F. C.; SILVA, R. H.; BONOW, C. W. ; MOREIRA, H. L. Geologia da Bacia sedimentar do Paraná. In: Folha SD.22 Goiás; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL – Rio de Janeiro, 1983. 768p.

TURNER, B.L., LAMBIN, E.F. and REENBERG, A., 2007, The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 104, pp. 20 666–20 671.

VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal: FCAV-UNESP; Viçosa, MG: SBCS, 1994. p. 223-242.

VAN DER KNIJFF, J. M.; JONES, R. J. A.; MONTANARELLA, L. Soil Erosion Risk Assessment in Europe. Ispra: European Soil Bureau. Joint Research Centre. 2000.



VIEIRA, B. C.; MARTINS, T. D. Modelos em geografia física: conceitos e aplicações na previsão de escorregamentos. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 20, n. 1, p. 194-206, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

VIEL J. A., ROSA K. K., HOFF R. Estudo da erosão superficial do solo por meio de SIG na região da denominação de origem vale dos vinhedos (Brasil). Revista Brasileira de Geomorfologia v. 18, nº 3 (2017).

WISCHMEIER, W. H., and SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537. 1978.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain. Washington, DC: ARS/USDA, 1965.

XAVIER, Luciano de Souza. SUSCETIBILIDADE NATURAL E RISCO À EROSÃO LINEAR NO ALTO CURSO DO RIO ARAGUAIA (GO/MT): SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO GEOAMBIENTAL / Luciano de Souza Xavier. – Goiânia, 2003. 148, [5] f. : il.

ZHOU, Yuyu. WATERSHED HYDROLOGY AND LAND-USE AND LAND-COVER CHANGE (LULCC). In: Encyclopedia of Natural Resources: Water, Publisher: Taylor & Francis, pp.892-895: 2014.

ZHU, M. SOIL EROSION ASSESSMENT USING USLE IN THE GIS ENVIRONMENT: A CASE STUDY IN THE DANJIANGKOU RESERVOIR REGION, CHINA. Environ Earth Sci. 20