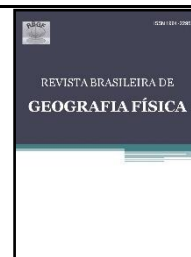




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Aplicação da metodologia do DFC para avaliar o potencial erosivo natural da bacia hidrográfica do Rio Água Suja, Tocantins (Brasil)

Danilo Saraiva de Brito¹, Emerson Figueiredo Leite²,

¹Bolsista CAPES e Mestrando em Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia - Fundação Universidade Federal do Tocantins - UFT, Rua 03, Qd. 17, s/n, Bairro: Jardim dos Ipês. Porto Nacional, Tocantins, Brasil. CEP: 77500-000. Fone: (063) 3363.0540. (britosada@gmail.com).

²Prof.Dr Adjunto II, Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Rua Oscar Trindade de Barros, 740, Bairro da Serraria – Unidade II, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. CEP: 79200-000. Fone (067) 3241.0450. (emerson.leite@ufms.br).

Artigo recebido em 16/06/2015 e aceito em 29/12/2015

RESUMO

Este artigo apresenta como proposta a avaliação do potencial natural de erosão do solo da bacia hidrográfica do Rio Água Suja. A área de estudo localiza-se nos municípios de Palmas, Porto Nacional e Monte do Carmo, estado do Tocantins. A região em que se encontra a área pesquisada faz parte do projeto de intensificação de atividades agrícolas. Este trabalho integra um maior, cujo objetivo é avaliar o quadro ambiental da área supracitada. O potencial erosivo natural do solo é condição pré-estabelecida a partir de características físicas e ambientais naturais, onde se encontra o solo. Essas características geram os fenômenos de erosões com diferentes intensidades, resultando em alterações naturais da paisagem. O estudo do potencial erosivo implica em estabelecer a espacialidade das suscetibilidades às erosões, conforme as características físicas e ambientais. Neste trabalho foi utilizada a abordagem metodológica venezuelana do diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC, que utiliza dados matriciais em ambiente SIG para cruzamentos de informações geoespaciais por meio de pesos, que os caracterizam. A análise e integração destas informações foram realizadas no Software SPRING/INPE/BRAZIL. Os resultados indicaram a existência de classes com forte potencial natural de erosão, permitindo classificar a bacia do Rio Água Suja como possuidora de alto a moderado potencial erosivo.

Palavras-chave: Solo, Diagnóstico Físico-Conservacionista, Spring, Bacia Hidrográfica do Rio Água Suja.

Application of the methodology of the DFC to assess the natural erosive potential of the catchment area of the river Água Suja, Tocantins (Brazil)

ABSTRACT

This Article presents with proposal to evaluate the natural potential of soil erosion of the watershed of the Rio Água Suja. Study areas are located in the municipalities of Palmas, Porto Nacional and Monte do Carmo, Tocantins State. The region in which the searched area is part of the intensification of agricultural activities. And this work is part of a larger work, whose goal is to evaluate the environmental framework in this area. The natural erosive potential of soil is the pre-established condition from natural environmental and physical characteristics of the soil. These characteristics provide the phenomena of erosion with different intensities, resulting in natural landscape changes. The study of erosive potential implies establishing the spatialities of susceptibilities to erosion as the physical and environmental characteristics. In this work, we used the methodological approach of Physical diagnosis Venezuelan-Conservationist-DFC that uses matrix data in GIS environment for crossings of geospatial information through weights that feature. The analysis and integration of this information were held in SPRING Software/INPE/BRAZIL. The results indicated the existence of classes with strong natural potential erosion allowing sort dirty water river basin as high to moderate erosive potential.

Keywords: soil, Physical Diagnosis-Conservationist, Spring, River Basin of the Água Suja.

Introdução

O problema da erosão dos solos vem sendo estudado há algum tempo no Brasil, pois ele ocorre com grande magnitude, em diferentes partes do território nacional e seu estudo tem acontecido tanto nas universidades, como em polos públicos e privados especializados nessa temática. Através dessas pesquisas, o problema de erosões tem sido bem mais conhecido e tem surgido uma série de tecnologias de prevenção e de combate a estes fenômenos (Guerra e Botelho, 2006).

O conhecimento do potencial natural de erosão do solo é dito como um instrumento necessário àqueles que apresentam como interesse o uso e ocupação do solo por longos períodos. As informações permitem ao usuário encontrar instrumentos de controle como as práticas conservacionistas (Ramalho Filha & Beek, 1995).

Identificar os mecanismos que determinam o processo erosivo é importante para a elaboração de projetos de controle de erosão. Este trabalho deve ser feito durante o cadastro dos processos erosivos, geralmente em campo. Porém, as identificações desses mecanismos podem ser encontradas previamente por meio de modelos ambientais.

Aos solos existem fatores naturais que comandam os processos erosivos sobre si, podendo ser: a chuva, a cobertura vegetal, a topográfica, as características geológicas e os tipos de solos. Todos esses fatores naturais apresentam características diferentes em meios as suas estruturas e funções na natureza, que resultam em erosão com diferentes intensidades (DAEE/IPT, 1989).

A chuva provoca uma aceleração maior ou menor da erosão, dependendo de sua distribuição mais ou menos regular, no tempo e no espaço. Essas distribuições das chuvas geram impactos que podem ser reduzidos pela cobertura vegetal, por meio da interceptação das gotas d'água pelas folhas, o que reduz o escoamento superficial, diminuindo a capacidade de remoção e transporte das partículas dos solos pela água. As capacidades de remoção das partículas aumentam também em função da topografia. As maiores velocidades de erosão podem ser mais esperadas em relevos acidentados, como morros e áreas escarpadas, pois declividades mais acentuadas favorecem o escoamento da água e o aumento do processo erosivo.

Além dos fatores naturais externos que comanda o processo erosivo, existem os fatores intrínsecos, que predisõem os solos a diferentes graus de erosões. Assim, torna-se necessário examinar estes fatores, pois são os principais da erosão, e se caracterizam pelos tipos de solos. Isso

ocorre porque os solos realizam os controles, mas também predisõem a erosão pelas diferentes resistências. Os tipos de solos estão intimamente relacionados às rochas, as quais lhes deram origem, rochas matrizes (embasamento geológico). Assim, dependendo destas duas características, o tipo de solo determina a suscetibilidade dos terrenos à erosão e à erodibilidade, que se traduz em menor ou maior facilidade de solos a serem erodidos.

Este artigo é parte de uma pesquisa que está em desenvolvimento, e que tem como foco maior avaliar o quadro ambiental da bacia hidrográfica do Rio Água Suja, no Estado do Tocantins. Neste trabalho estão presentes as contribuições da pesquisa no que tange o método de análise e suscetibilidade erosiva dos solos atribuídos pelo Diagnostico Físico-Conservacionista (DFC), cuja metodologia visa o cruzamento de informações geo-espaciais naturais em geomorfologia, solos, declividades, hipsometria e geologia, por meio de Sistema de Informação Geografia (SIG).

De acordo com Victoria et al. (2014), o geoprocessamento consiste no uso de ferramentas computacionais para tratamento e análise de dados geográficos. E, que o conjunto dessas ferramentas, integradas nos Sistemas de Informações Geográficas – SIG, permite analisar e cruzar dados provenientes de diversas fontes, facilitando a obtenção de informações e a tomada de decisões.

Câmara et al. (2002) destaca, dentro da capacidade de uso do SIG, a ação de análise espacial e a representação da Paisagem. Além da percepção visual da distribuição espacial dos problemas, o SIG traduz os padrões existentes nas localidades espaciais, com considerações objetivas e mensuráveis de vários casos.

Para Florenzano (2002), o SIG tem uma grande utilidade nos estudos e monitoramentos do meio ambiente e no planejamento de diferentes atividades e serviços. A facilidade gerada pelos SIG na produção e manipulação dos dados possibilita cruzar dados complexos com o mínimo de falhas possíveis, permitindo ao operador resultados mais precisos e rápidos, com menos custos operacionais.

Os resultados permitiram avaliar a aplicação do método de análise à erodibilidade do solo proposto pelo DFC, o emprego das ferramentas do Software SPRING/INPE por se tratar do SIG utilizado e, a condição geral do potencial natural de erosões dos solos da bacia hidrografia.

Material e Métodos

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Água Suja está localizada na Mesorregião Oriental do estado do Tocantins, Microrregião de Porto Nacional, nos municípios de Monte do Carmo e Porto Nacional/TO. Situa-se entre os paralelos 10°26'33" e 10°47'11" de latitude sul (S), e

meridianos 48°24'16" W e 47°59'28" W, de longitude oeste (WGr). Possui uma área de 246, 866 km² e está situada à margem direita do médio curso do Rio Tocantins (Figura 01).

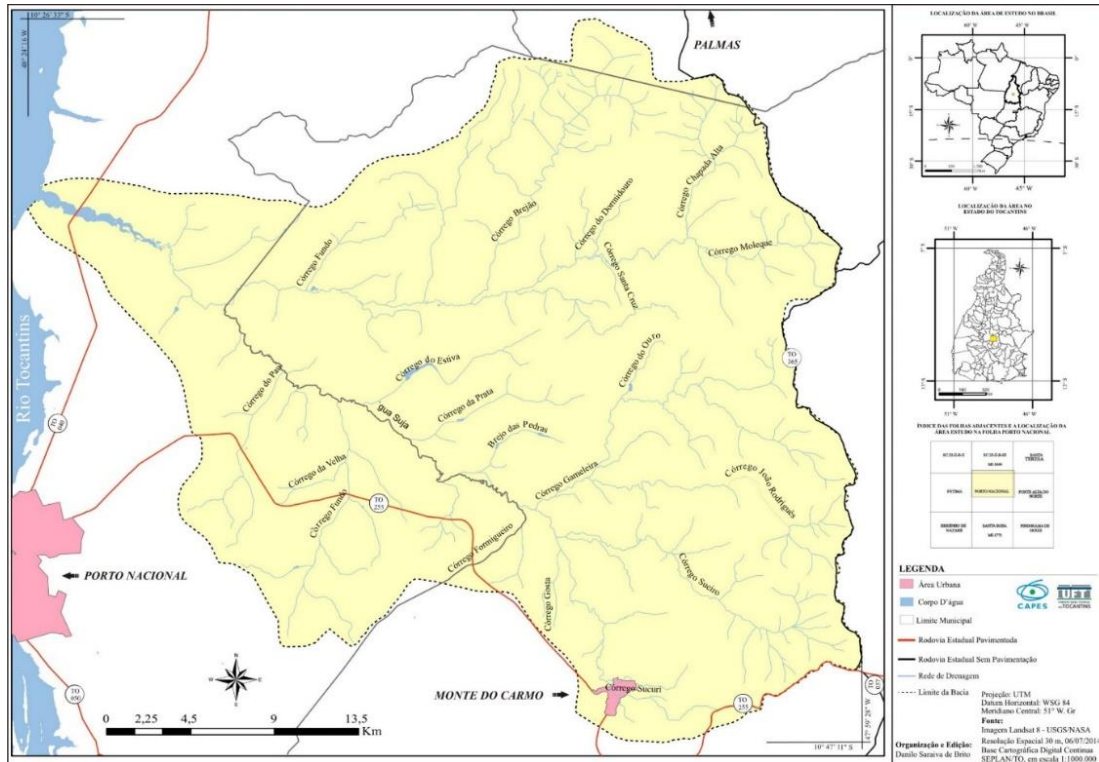


Figura 01. Localização da área de estudo.

Procedimento metodológico

A pesquisa foi iniciada com uma revisão literária, levantamentos de mapas base, cartas topográficas e imagem de satélite. Toda etapa de geração, armazenamento e manipulação de dados geo-espaciais teve como principal ferramenta o SIG do INPE, representado pelo *software* SPRING 5.2.6. Nele foi criado um banco de dados e um projeto geo-espacial. Nessa estrutura estão as informações cartográficas iniciais, como a projeção UTM, o Datum WGS-84 na origem (long. o 51°) e zona da imagem 22 – conforme índice de nomenclatura das folhas de 1: 1.000.000 para o Brasil, e o banco de dados, como os mapas base e a imagem raster-georreferenciado do tipo *.tiff.

Os mapas de geologia, geomorfologia e classe de solos foram obtidos no banco de dados de SEPLAN/TO (Tocantins, 2012), e armazenados no banco de dados do projeto para processamentos em ambiente de SIG. O SIG além de integrar as informações existentes dos mapas, agrega informações geo-espaciais oriundas das imagens de satélites, cartas topográficas, dados cadastrais e MNT, traduzindo-se em uma ferramenta

importante em atividades de diagnóstico do quadro ambiental (Beltrame, 1994).

As cartas topográficas da DSG/IBGE de 1984 em escala 1:100.000, representadas pelas seguintes folhas e municípios/região: SC.22-Z-B-III (MI-1644) - Vila Canela, SC.22-Z-B-VI (MI-1710) - Porto Nacional, SC.23-Y-A-I (MI-1645) - Santa Teresa e SC.23-Y-A-IV (MI-1711) - Ponte Alta do Norte foram utilizadas para vetorização e elaboração dos seguintes produtos geo-espaciais: mapa de declividades e hipsométrico, rede hidrográfica e vias de circulação.

Como imagem orbital foi utilizada a imagem multiespectral do satélite LANDSAT 8, bandas 4, 5 e 6 (RGB), de 05 de junho de 2014, situado na órbita/ponto 222/67. Esta imagem teve sua utilização na atualização de dados vetoriais sobre a rede hidrográfica e as vias de circulação.

Outro dado gerado pela vetorização das cartas topográficas foram as curvas de níveis, com equidistância de 40 metros. Sua vetorização no formato ASCII/INPE, com dados altimétricos (z), foram convertidas para o formato *.grib que são apropriado às atividades no SPRING 5.2.6. Com

estes dados foram geradas as bases vetoriais de hipsometria e declividade.

Associando informações sobre declividade, geologia, geomorfologia, hipsometria e as características de erodibilidade dos solos (base literária) integram-se os parâmetros declividade e suscetibilidade da textura à erosão, elaborando matrizes em que foram combinadas as diferentes classes. Para cada classe dos mapas de declividade e solos gerados, atribui-se valores ponderados de 0 a 1, de acordo com as características físicas. Os

valores obtidos resultaram nas classes de potencial erosivo do solo (Beltrame, 1994).

Os pesos foram atribuídos por meio da técnica de ponderação do LEGAL, presente no SPRING 5.2.6, como mostra as Figuras 02 e 03. Seguido da atribuição ponderada das classes, o resultado foi cruzado pelo LEGAL, pela expressão “(Declividades Podenradas + solos Ponderados) / 2)” para se alcançar as classes de potencial erosivo dos solos (Figura 04).

```

ponderacao_solos.alg
1  {
2  Tematico solo ("solo");
3  Numerico soloP ("solosPonderados");
4  Tabela soloT (Ponderacao);
5
6  solo = Recupere (Nome="Mapa_solos");
7
8  soloT = Novo (CategoriaIni="solo",
9              "Gleissolos":0.02, "Latosolos":0.04, "Neossolos":0.085, "Plintossolos":0.1, "Rio":0.0);
10
11 soloP = Novo (Nome="Mapa_Solo_Ponderado", ResX=30, ResY=30, Escala= 60000, Min=0, Max=1);
12
13 soloP = Pondere(solo, soloT);
14
15 }
    
```

Figura 02. Legal ponderação das classes de solos.

```

ponderacao_declividade.alg
1  {
2  Tematico DeclividadeBeltrame ("DeclividadeBeltrame");
3  Numerico DeclividadeBeltrameP ("DeclividadePonderados");
4  Tabela DeclividadeBeltrameT (Ponderacao);
5
6  DeclividadeBeltrame = Recupere (Nome="bacia_declividade");
7
8  DeclividadeBeltrameT = Novo (CategoriaIni="DeclividadeBeltrame",
9                              "até 8%":0.25, "9 a 20%":0.5, "21 a 45%":0.75, "acima de 45%":1.0);
10
11 DeclividadeBeltrameP = Novo (Nome="bacia_declividade_Ponderado", ResX=30, ResY=30,
12                             Escala= 60000, Min=0, Max=1);
13
14 DeclividadeBeltrameP = Pondere(DeclividadeBeltrame, DeclividadeBeltrameT);
15
16 }
    
```

Figura 03. Legal ponderação das classes de declividade.

```

sucetibilidade_final.alg
1  {
2
3  MNT DeclividadePonderados ("DeclividadePonderados"), solosPonderados ("solosPonderados"),
4
5  DeclividadePonderados = Recuperare (Nome = "bacia_declividade_Ponderado");
6
7  solosPonderados = Recuperare (Nome = "Mapa_Solo_Ponderado");
8
9  pne = Novo (Nome = "Mapa_Potencial_Erosao", ResX=30, ResY=30, Escala=60000);
10
11 pne = ((DeclividadePonderados+solosPonderados)/2);
12
13 }
14

```

Figura 04. Legal cruzamento das classes de declividades com as de solos.

O próximo passo foi à quantificação dos dados para avaliar a distribuição das classes e sua proporcionalidade sobre as áreas de estudo, bem como a relação das classes do plano de informação (PI) do potencial erosivo com outras classes de outros planos de informações.

Por último, no software SPRING 5.2.6, os dados são importados para o SCARTA 5.2.6 para criação do layout que é exportado e salvo no formato *.eps, e importado para o CorelDRAW X3, para a finalização dos mapas.

Resultados e Discussão

Determinação do parâmetro potencial erosivo do solo (PE)

Para determinar o potencial erosivo do solo e qualificá-lo, por meio do índice e símbolo que é descrito no final (utilizado na fórmula do DFC¹), foram geradas as matrizes, que tiveram suas classes correlacionadas ao índice de declividade e suscetibilidade à erosão, este último conforme Cunha e Guerra (2003). Além disso, foi realizada a caracterização dos aspectos geológicos e geomorfológicos da área da bacia hidrográfica do Rio Água Suja, a partir dos dados da Secretaria de Planejamento e Modernização da Gestão Pública (Tocantins, 2012).

Aspectos geológicos

Geologicamente, a bacia hidrográfica do Rio Água Suja - TO está situada na região de Palmas-Porto Nacional-Monte do Carmo, na porção

setentrional da Província do Tocantins. Esta, por sua vez, representa uma gigantesca estrutura litológica presente entre os Crátons Amazônicos e São Francisco. A Província do Tocantins tem, em sua extensa estrutura, cinturões orogênicos do Neoproterozóico e, em suas estruturas menores, unidades mais antigas do Arqueano e do Paleoproterozóico.

Segundo Chaves et al. (2008), na região de Palmas-Porto Nacional-Monte do Carmo, ocorrem seqüências metassedimentares do Neoproterozoico, relacionadas ao Grupo Natividade e plútons graníticos (0,55 Ga²). Da era Paleoproterozoica, estão presentes os complexos gnássicos e granulíticos, seqüência metavulcanossedimental, metagranitóides, plutons anortosíticos e graníticos. No lado leste da região, ocorre a formação de rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba.

A bacia hidrográfica em estudo apresenta as seguintes grandes unidades geológicas: Cobertura Detrito-laterítica (TQd), Complexo Goiano (peg), Complexo Porto Nacional (Apn), Depósitos Aluvionares (Ha), Formação Pimenteiras (Dp), Granitos Intrusivos (peγi), Suítes Intrusivas Ipueiras (peγi) e Suíte Intrusiva Lajeado (MPy) (Figura 05).

Os Depósitos Aluvionares (Ha) da área de estudo estão caracterizados pelo acúmulo de sedimentos arenosos, argilosos-arenoso e cascalho, deslocados pelo próprio Rio Água Suja. A área ocupada por esta unidade é de 14,91%, e sua ocorrência está intimamente relacionada aos cursos dos canais do Rio Água Suja e a altitude dos

¹ O Diagnóstico Físico-Conservacionista faz uso de uma fórmula final para avaliar o índice de degradação ambiental por meio de uma expressão que é ilustrada em gráfico.

² Ga equivale um bilhão de anos. Neste caso, trata-se da origem litológicas da rocha, referindo ao tempo passado que lhe deu origem (Glossário Geológico Ilustrado). Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html>>. Acesso em: 19 de março de 2015.

relevos (Serra do Carmo, Morro do Lajeado e Serra Manoel do Carmo), circundantes responsáveis pelos desgastes e alimentação dos depósitos aluvionares.

A Formação Pimenteiras (Dp), datada do devoniano, apresenta-se concordantemente sobre rochas sedimentares da Formação Serra Grande, sendo constituído de arenitos finos, micáceos e argilosos, com intercalações de conglomerados, folhelhos e siltitos cinza-avermelhados. Nesta formação existe um alto nível de ferro de coloração marrom-avermelhado sobre as áreas de chapadas, formando superfícies sub-horizontais lateríticas. Na bacia hidrográfica do Rio Água Suja, esta

unidade ocorre principalmente ao longo da Serra do Carmo, mas ocupa 29,08% ou 29.223,04 hectares da referente área (Gorayeb, 2011).

A Suíte Intrusiva Lajeado (Pmy), localizada na porção sudoeste da área de estudo e ocupando uma área de 1.916,73 hectares, com rochas gnáissicos e granulíticos do Paleoproterozoico tem, como predominância litotipo, os granitos peraluminosos a levemente metaluminosos. A Suíte Intrusiva Lajeado tem sua estrutura formada no ciclo Transamazônico do resultado das atividades tectônicas no Proterozoico Inferior, o qual gerou a zona de cisalhamento (Mesquita, 1995).

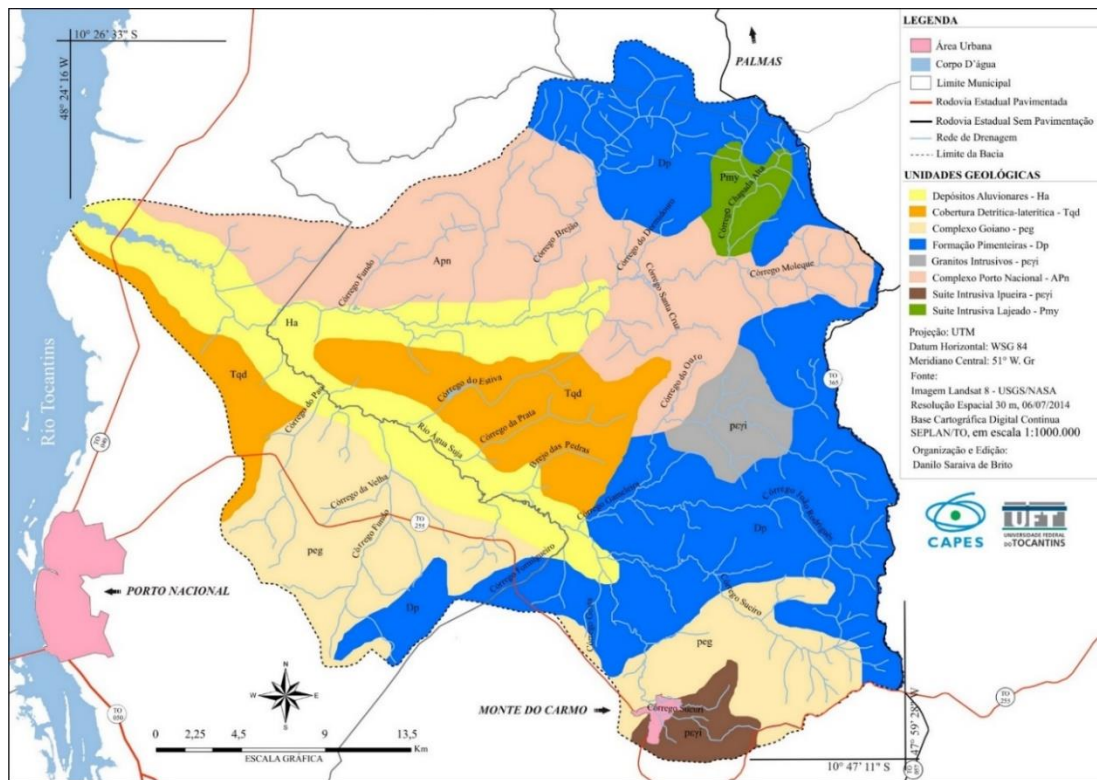


Figura 05. Unidades Geológicas da bacia hidrográfica do Rio Água Suja – Tocantins. Fonte: Tocantins (2012).

A Suíte Intrusiva Ipueira e os Granitos Intrusivos (peyi) fazem parte de uma série de plútons, intrudidos em terrenos gnáissicos e granulíticos do Paleoproterozoico. Predominam em sua composição litológica os sienogranitos, monzogranitos e quartzo sienitos, com hornblenda e/ou biotita (Gorayeb, 2011). Sua ocorrência limita a porções sobre a área de estudo, em que a Suíte Intrusiva Ipueira encontra-se localizada na área próxima aos limites urbanos. Já os Granitos Intrusivos, embora estejam situados no referente município, têm presença limitada a uma área de 2.754,09 hectares (2,74%), no lado leste

perpendicular aos paredões escapadas da Serra do Carmo.

O Complexo Goiano é a unidade geológica que apresenta os gnaisses facoidais, as biotita-gnaisses finos e pequenos plugs e veios de granitos tardicinemáticos como rochas predominantes. Há ainda tonalitos, granodioritos, gnaisses tonalíticos, antibolitos bandados, gnaisses miloníticos ultramiloníticos, micaxistos, xisto feldspáticos, anfibólitos xistos e granada quartzitos (Gorayeb et al., 2008). Esta unidade geológica ocupa uma área de 17.206,35 hectares da bacia hidrográfica do Rio Água Suja ou 17,13% de sua área total.

Já na região leste da bacia hidrográfica do Rio Água Suja está presente a Formação Monte do Carmo, constituída por conglomerados, arenitos roseados e sucessões de rochas vulcânicas, sendo estas representadas pelos riolitos e dacitos, e com menor frequência, são encontrados os andesitos, basaltos, rochas vultanoclásticas e tufo vítreos fluidais (Gorayeb et al., 1992 apud Gorayeb et al., 2008).

Aspectos geomorfológicos

Segundo o Projeto RADAM (Brasil, 1981), as drenagens que se instalaram na borda oeste do Planalto Residual do Tocantins, incluindo as da bacia do Rio Água Suja, estão compartimentadas em dois compartimentos diferenciados. Na parte meridional, conhecida como Serra do Carmo, é anaclinal, de direção NE-SO, provocando dissecação intensa, que resultou em vales profundos e encaixados do tipo canyons. Na parte setentrional, denominada serra do lajeado, é ortoclinal nos altos cursos, com orientação longitudinal S-N, enquanto, nos baixos cursos, torna-se anaclinal com direção E-O.

A bacia hidrográfica do Rio Água Suja está geomorfológicamente localizada em contato com

quatro unidades Geomorfológicas (Figura 06), com a presença de três tipos de Formas de relevo: as formas estruturais, os Patamares Estruturais (St), estando representado pela Serra do Carmo (Figura 07); as formas erosivas, Superfícies tabulares erosivas (Et) e Superfície de pediplano (Ep), sendo que estas formas compreendem a maior parte da área; e por último, o relevo Dissecado em Patamares (Dpt).

Os Patamares Estruturais (Pgu) - relevo formado por agentes erosivos, que sofreu entalhamento de sua estrutura e dissecações diferenciadas. A estrutura limita a superfície tabular, formando degrau, com topo coincidente com o plano estratificado exumado. Sua forma está relacionada ao processo de formação das bacias hidrográficas e as distintas rochas litológicas que lhe conferiu diferentes formas de relevo. O principal corpo geomorfológico desta classe é a Serra do Carmo, representando altimetria de 500 a 700 m (Figura 08), e ocupando uma área de 15.840,19 hectares (15,77%) da área total da bacia hidrográfica do Rio Água Suja (IBGE, 2009; Tocantins, 2012).

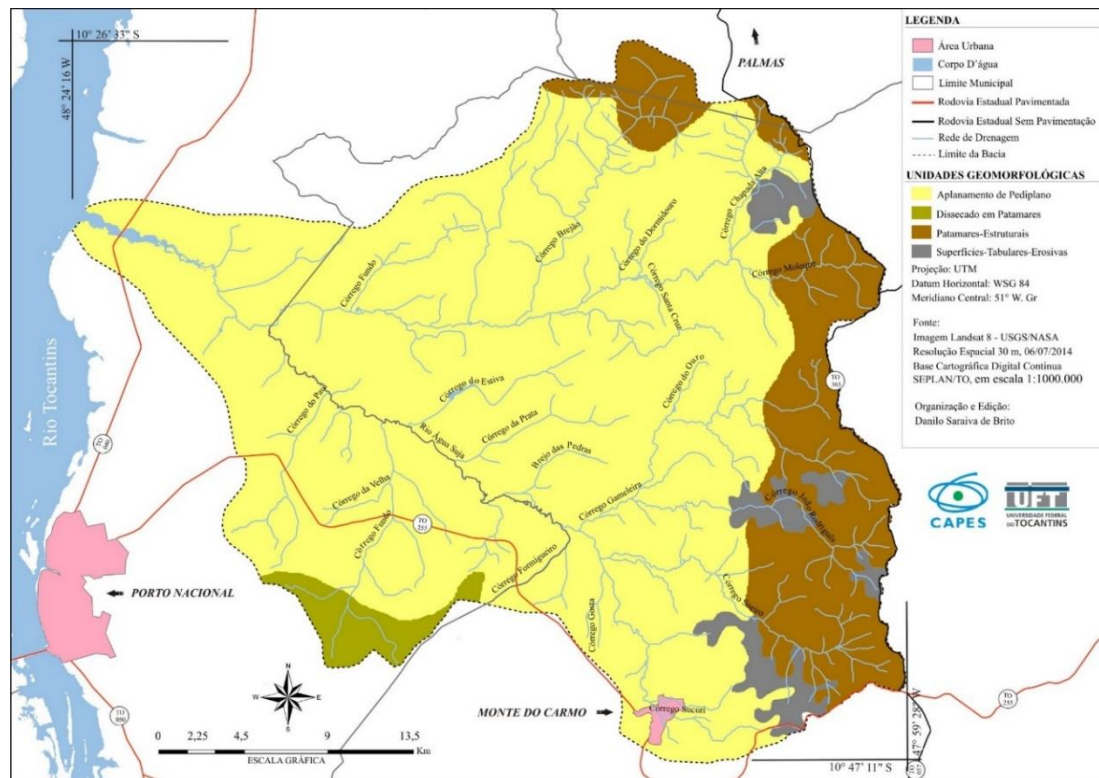


Figura 06. Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio Água Suja - Tocantins. Fonte: Tocantins (2012).

As Superfícies Tabulares Erosivas (Pgi) – são relevos que foram formados a partir de processos erosivos, estando hoje suavemente

inclinados e tendendo ao nivelamento. Estas superfícies são conservadas ou pouco dissecadas, separadas por escarpas resultadas de outro modelo

de aplanamento e de dissecação de um sistema morfogenético subsequente. Sobre este relevo, aparecem frequentemente coberturas detríticas, constituídas de Latossolos. Na área de estudo, esta classe representa 3.705,27 hectares (3,68%) e sua ocorrência está limitada a algumas áreas de enclaves da Serra do Carmo. Resultado de intenso processo erosivo, também é onde predomina os plintossolos e amplitudes altimétricas elevadas de 500 a 600 metros (IBGE, 2009; Tocantins, 2012).



Figura 07. Cobertura Savânica ao fundo da cidade de Monte do Carmo sobre áreas de latossolos e

plintossolos em Superfícies Tabulares na Serra do Carmo (Foto do Autor, Janeiro/2014).

As Superfícies de Pediplano ou Aplanamentos de Pediplano (Pru) – são relevos também formados a partir de intensos processos erosivos, com suave inclinação. No entanto, sem perder suas características de aplanamento e pendendo para um plano inclinado, às vezes levemente côncavo. Em sua ocorrência existem áreas de Planícies Fluviais, pequenos terraços fluviais acumulados pelos depósitos de aluviões de matéria silte-argilo-arenoso e porções de cascalho, todos do quaternário (IBGE, 2009; Tocantins, 2012).

Dissecado em Patamares (Dt) – forma de relevo caracterizado pela dissecação fluvial da litologia, apresentando feições em forma de rampa suavemente inclinada e lombadas, esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas metamórficas. São formas geomorfológicas definidas por rede de drenagem de baixa densidade, apresentando, em maior parte, vertentes de pequenas declividades, mas pode ultrapassar 45%. Na área da bacia hidrografia pesquisada, sua presença está restrita ao Morro do Lajeado, cuja altitude ultrapassa os 500 metros, com predominância dos neo-solos (IBGE, 2009; Tocantins, 2012).

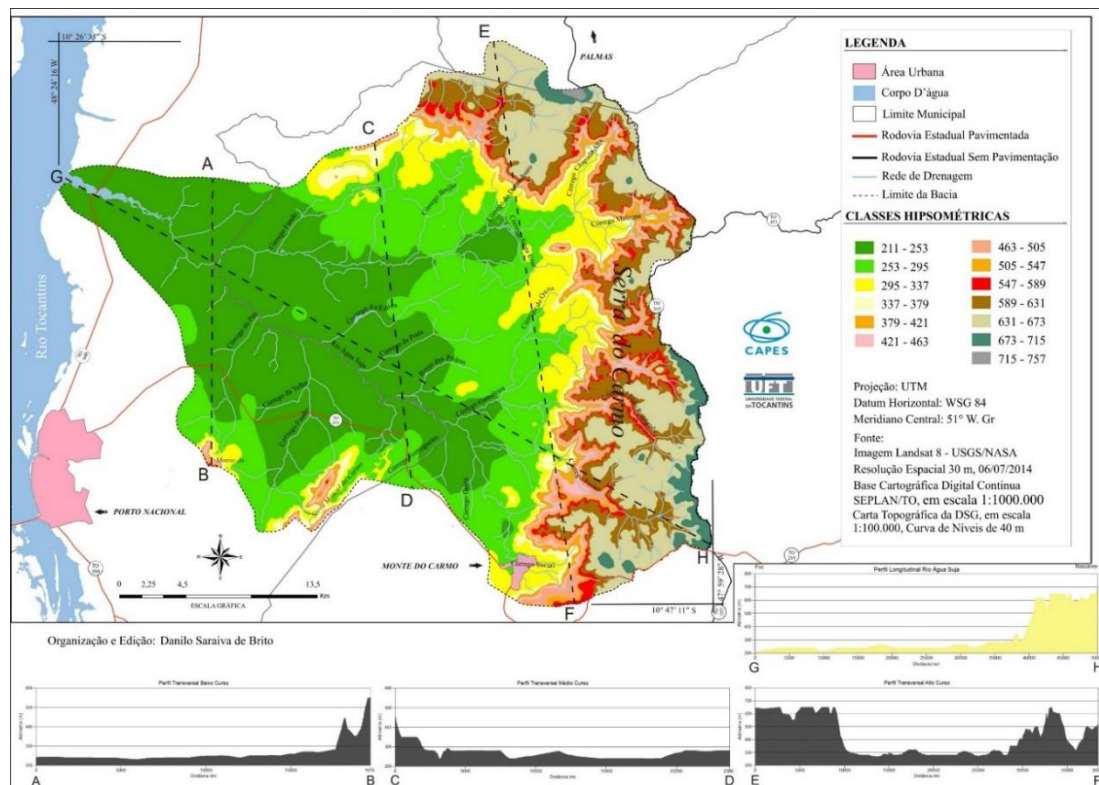


Figura 06. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Água Suja - Tocantins. Fonte: Elaborado pelo autor.

Aspectos pedológicos

Beltrame (1994) destaca a textura, a declividade e a profundidade efetiva dos solos nas características físicas pedológicas para efeito do Diagnóstico Físico Conservacionista. Estas características influenciam diretamente na capacidade de infiltração e escoamento da água da chuva, relacionando-as com os diversos processos erosivos e atuando sobre o solo.

Segundo o Atlas do Tocantins (Tocantins, 2012), a bacia hidrográfica do Rio Água Suja apresenta os seguintes tipos de solos: Gleissolos, Neossolos, Latossolos e Plintossolos (Figura 11).

Os Gleissolos são solos hidromórficos, cuja principal característica é a presença de áreas alagadas ou sujeitas a alagamentos (margens de rios, ilhas, grandes planícies e outros). A coloração pode variar de acinzentado a azulado ou esverdeado. Estes solos, por serem resultados de acúmulo de sedimentos, podem apresentar alta fertilidade natural, mas, têm situação de má drenagem, limitando seu uso (IBGE, 2007) (Figura 10).

Os solos hidromórficos são mal drenados, pouco profundos, com ou sem mosquedos, distróficos ou eutróficos, dependendo da natureza do material sobre o qual se desenvolveu. Os solos eutróficos estão relacionados aos solos férteis, geralmente resultado do acúmulo de detritos das encostas circunvizinhas. Já os distróficos, são ácidos, de textura argilosa, podendo ser de siltosa a média. No que se refere à suscetibilidade à erosão, esses solos, por situarem-se em áreas planas que não favorecem o escoamento, são considerados solos de baixa suscetibilidade à erosão (Guerra; Botelho, 2006; Salomão, 2010).

Os Latossolos são os solos mais abundantes na área da bacia hidrográfica. Sua área corresponde a 61.711,59 hectares, perfazendo 61% da área. Sua ocorrência tem como limite as áreas mais planas ou com baixa declividade, com exceção das áreas próximas ao médio e baixo curso do canal do Rio Água Suja.

Os Latossolos, um tipo de solo do grupo dos Argissolos, são tipicamente caulíníticos e geothíticos, possuidores de um horizonte A, geralmente delgado. No caso da região, cujo domínio é o Cerrado, há altos teores de ferro (Fe) e gibbsita, se comparado aos do domínio Amazônico, que também apresentam dominância deste tipo de solo (IBGE, 2007). Na bacia hidrográfica do Rio Água Suja são identificados

dois tipos de Latossolos: o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho-Escuro.



Figura 09. Pequenos depósitos de conglomerados plintos extraído de solos lateríticos nas proximidades da Serra Manuel do Carmo (latossolos).

O Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) é uma classe de solo que apresenta altos teores de ferro (Fe_2O_3), com pequenas quantidades de hematita, que o colore de vermelho. Por estar localizado em um domínio pedobioclimático de regiões secas, apresenta baixa fertilidade (eutróficos). O Latossolo Vermelho-Escuro (LE) tem as mesmas características no que tange ao ferro (Fe_2O_3) e à cor. Podem também ocorrer solos eutróficos, mas também distróficos ou álicos, sendo o primeiro mais comum na região, podendo apresentar formações plínticas (Figura 09) (Resende et. al. 2002; Salomão, 2010).



Figura 10. Perfil dos latossolos e gleissolos

Os Latossolos, em geral, apresentam baixa suscetibilidade à erosão. Essas referências vão depender do ambiente, pois sua ocorrência apresenta-se desde as áreas com florestas densas ou abertas, bem como áreas mistas, até as regiões de Cerrado que apresentam, além de uma vegetação

menos densa, um relevo que varia de plano forte ondulado, aumentado à suscetibilidade à erosão. A boa permeabilidade, drenabilidade e a baixa relação textural entre os horizontes B/A apresentam pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B, garantindo, na maioria dos casos, uma boa resistência desses solos à erosão (Guerra; Botelho, 2006; Salomão, 2010).

O segundo solo predominante na bacia hidrográfica é o Plintossolo do tipo Pétrico. Este tipo de solo tem como principal característica a

presença de Concessionários Lateríticos, que são estruturas litológicas secas irreversíveis, formadas de nódulos duros resultados da conglomeração de ferro (Fe) em um tempo geológico, a partir da umidade (geralmente do resultado da variação do lençol freático) e dos aspectos do domínio bioclimático. A presença do Plintossolo na bacia hidrográfica concentra-se principalmente no topo da Serra do Carmo (leste da bacia hidrográfica) e ao longo da cuesta.

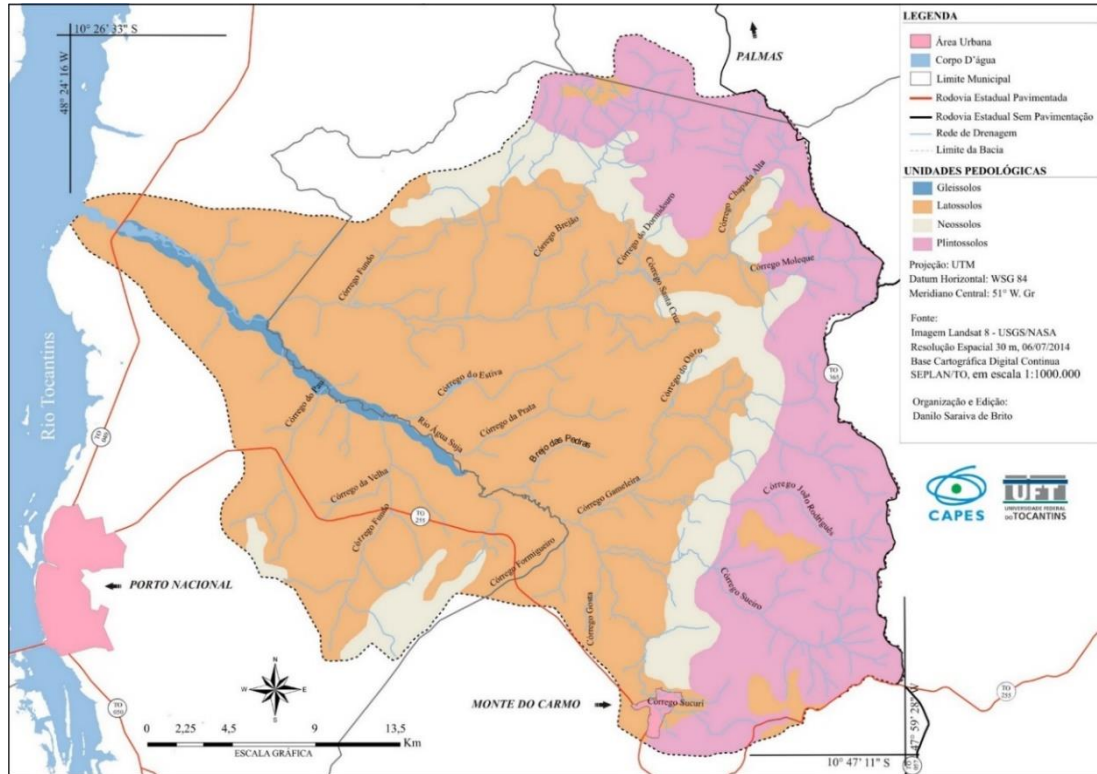


Figura 7. Tipos de Solos da bacia hidrográfica do Rio Água Suja - Tocantins. Fonte: Tocantins (2012).

Segundo Guerra & Botelho (2006), os Plintossolos são encontrados em ambientes típicos, em que existem condições de escoamento lento ou encharcamento periódico, localizados em áreas de relevos que vão de plano a suavemente ondulado, depressões, terraços e várzeas. Em geral, são solos ácidos distróficos. A drenagem interna varia de moderada a imperfeita, em função do grau de coesão e compacidade do horizonte plíntico (presença de plintita com quantidade não inferior a 15% e no mínimo 15 cm de altura). A identificação do horizonte plíntico é verificada por meio do mosqueamento vermelho acinzentado ou albeico, indicando oxidação e redução do ferro no horizonte B. Apresenta-se pobre em matéria orgânica, com consistência que pode variar de firme a muito firme quanto à umidade, e extremamente duro, quando

seco, argiloso e, comumente, em formato de bloco sub-angular bem desenvolvido.

Os Plintossolos são solos pouco desenvolvidos, uma vez que, tem como principal característica um perfil pouco evoluído, pois o horizonte A está assentado diretamente sobre a rocha matriz (horizonte). Também são considerados jovens, pois estão em fase inicial de formação, recebendo e depositando detritos de áreas mais altas, ou localizadas em áreas que apresentam altas declividades, nas quais a velocidade da erosão é igual ou superior à velocidade de intemperismos das rochas. Assim, os Plintossolos são considerados de alta suscetibilidade à erosão (Crepani et. al., 2001; Guerra; Botelho, 2006; Salomão, 2010).

Os Neossolos Litólicos são encontrados na bacia hidrográfica do Rio Água Suja, estendendo-

se principalmente no sentido a jusante da Serra do Carmo, em uma extensa área aplanada, e nas formações geológicas. São solos dos tipos rasos, com no máximo 50 cm de profundidade e apresentam textura e fertilidade variáveis, com alto teor de minerais, sendo facilmente intemperáveis com fragmentos de rochas. Encontrado em condições de topografia acidentada e em áreas com intenso afloramento de rochas e remoção de materiais, os mesmos podem ser eutróficos, distróficos ou alicos. Caracterizam-se pela presença de horizonte A sobre a rocha ou horizonte C, sendo admissível a presença de um ínfimo horizonte B. Por apresentarem uma espessura pequena, o fluxo d'água no interior desses solos é limitado, facilitando o escoamento superficial gerado pela alta saturação dos mesmos. Tal situação é responsável por altos processos erosivos, como os deslizamentos, principalmente em encostas mais íngremes e desprotegidas da vegetação. Esta condição levou-os a classificação

de alta suscetibilidade à erosão (Guerra & Botelho, 2006).

As formações dos solos do Cerrado estão intimamente relacionadas com os aspectos geológicos, geomorfológicos e bioclimáticos. Os Latossolos da região, bem como da área de bacia hidrográfica, estão estruturados nas áreas mais aplanadas, tendo como principal tempo de formação a Era Cenozóica (Terciário e Quaternário).

Avaliação do potencial erosivo dos solos da bacia hidrográfica do Rio Água Suja

Tendo como referência as classes de declividade já mencionadas, e o objetivo de integrar os parâmetros de declividade e suscetibilidade do solo à erosão, foi gerada uma matriz, onde combina as diferentes classes de cada parâmetro. Os valores obtidos estão distribuídos nas classes de potencial erosivo do solo apresentado na Tabela 01.

Tabela 01. Matriz de integração entre os subíndices de declividade e de suscetibilidade do solo à erosão para a bacia hidrográfica do Rio Água Suja.

| SUBÍNDICES DE DECLIVIDADE | SUBÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE DO SOLO À EROÇÃO | |
|---------------------------|---|-----------------|
| | Baixa 1 | Alta 2 |
| 1 | *11 ^A | 12 ^B |
| 2 | 21 ^C | 22 ^D |
| 3 | 31 ^E | 32 ^F |
| 4 | 41 ^G | 42 ^H |

*Primeiro dígito atribuído a declividade, e o segundo ao índice de suscetibilidade à erosão pelo solo. Fonte: Beltrame (1994)

Para obter o índice de potencial erosivo total dos solos na área da bacia hidrográfica do Rio Água Suja, foram tomados como referência os valores apresentados pela Tabela 02, na qual os índices

foram adaptados para os parâmetros desenvolvidos por Pundek (1994) apud Leite (2011), variando entre 0 e 1, inversamente a proposta do DFC, como mostra Beltrame (1994).

A - baixo potencial erosivo;
 B - baixo a moderado potencial erosivo;
 C - moderado a baixo potencial erosivo;
 D - moderado a alto potencial erosivo;

E - alto a moderado potencial erosivo;
 F - alto a muito alto potencial erosivo;
 G - muito alto a alto potencial erosivo;
 H - muito alto potencial erosivo.

Tabela 02. Escalonamento dos Índices do Potencial Erosivo.

| CLASSES | POTENCIAL EROSIVO | SÍMBOLOS | ESCALONAMENTO DOS ÍNDICES (*) DO POTENCIAL EROSIVO DO SOLO |
|---------|------------------------------------|----------|--|
| 11A | baixo potencial erosivo | PE1 | 0,0 - 0,0125 |
| 12B | baixo a moderado potencial erosivo | PE2 | 0,0126 - 0,0250 |
| 21C | moderado a baixo potencial erosivo | PE3 | 0,0251 - 0,0375 |
| 22D | moderado a alto potencial erosivo | PE4 | 0,0376 - 0,0500 |
| 31E | alto a moderado potencial erosivo | PE5 | 0,0501 - 0,0625 |

| | | | |
|-----|-------------------------------------|-----|-----------------|
| 32F | alto a muito alto potencial erosivo | PE6 | 0,0626 - 0,0750 |
| 41G | muito alto a alto potencial erosivo | PE7 | 0,0751 - 0,0875 |
| 42H | Muito alto potencial erosivo | PE8 | 0,0876 - 0,1 |

Os índices são imprescindíveis para obtenção do potencial erosivo total dos solos na bacia hidrográfica do rio Água Suja. Para isso, define-se este escalonamento e a predeterminação do potencial erosivo mínimo como zero (0) e o máximo como um (1). De acordo com as oito classes obtidas pela matriz, estabelecendo assim, oito situações de potenciais erosivos dos solos (BELTRAME, 1994).

Os valores da matriz que correspondem ao potencial erosivo dos solos estão representados na Tabela 03.

Tendo como referência as informações dos mapas temáticos geomorfológicos, geológicos,

declividades e hipsometria, e os resultados obtidos com a matriz para os solos, foi elaborado o seguinte mapa de potencial erosivo, ilustrado pela Figura 12.

Tabela 03. Classes de Potencial Erosivo dos Solos da bacia hidrográfica do Rio Água Suja.

| CLASSES | POTENCIAL EROSIVO | SÍMBOLOS | ÁREA (HA) | % |
|---------|-------------------------------------|----------|-----------|-------|
| 11A | baixo potencial erosivo | PE1 | 1.545,52 | 1,54 |
| 12B | baixo a moderado potencial erosivo | PE2 | 59.219,21 | 58,98 |
| 21C | moderado a baixo potencial erosivo | PE3 | 1.652,00 | 1,65 |
| 22D | moderado a alto potencial erosivo | PE4 | 22.785,59 | 22,69 |
| 31E | alto a moderado potencial erosivo | PE5 | 4.258,84 | 4,24 |
| 32F | alto a muito alto potencial erosivo | PE6 | 3.022,11 | 3,01 |
| 41G | muito alto a alto potencial erosivo | PE7 | 7.923,52 | 7,89 |
| 42H | Muito alto potencial erosivo | PE8 | 1.545,52 | 1,54 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Classe 1 (PE2) - Áreas com declividades de no máximo 8% e relevo que varia de plano suave ondulado e ocupa áreas de Planícies e Terraços Fluviais. Nos terrenos desta classe, predominam as unidades geológicas, formadas por depósitos de aluviões do pleistocênio e holocênio, e estão em lentos processos de consolidação. Por ser uma classe em que há domínio de acúmulo de sedimentos provenientes das áreas mais altas, os solos predominantes nesta classe são os Gleissolos.

Esta classe foi considerada, pelas características analisadas, como de potencial erosivo baixo. Corresponde a 1.545,51 hectares, ou seja, 1,54% da área total da bacia, e ocorre no baixo e médio curso do Rio Água Suja.

Classe 2 (PE3) - Áreas em que predominam declividades com até 8%, embora apresente inclusões de áreas que variam de 9 a 20% e algumas com 21 a 45%, ocupando áreas com metade encostas. As altitudes nesta classe variam de 200 a 326 metros, embora predomine a faixa de altitude de 242 a 284m. No geral, o relevo é aplainado de inclinação suave, capeado por materiais detríticos descontínuos. Na medida em que se aproximam das vertentes, os perfis apresentam acentuação de seu ângulo.

Esta diversidade topográfica é explicada pelas características das rochas e eventos geológicos, representados pelas seguintes unidades

geológicas: o Complexo Goiano (peg), Complexo Porto Nacional (APn), Cobertura Detrítica-laterítica (TQd) e parte da Formação Pimenteiras (Dp). Sobre estes embasamentos geológicos, se formaram os Latossolos.

Esta classe foi considerada, pelas características analisadas, como de potencial erosivo moderado abaixo, correspondendo a 59.219,20 hectares e ocupando grande parte da bacia do Rio Água Suja, com 58,98%.

Classe 3 (PE4) - As características desta classe assemelham-se à classe 2, quanto ao solo e às unidades geológicas, mas difere quanto à forma do relevo, pois apresentam áreas de topo de morro planas e convexas, com declividades bastante heterogêneas e, embora ocorra um predomínio de áreas com declives entre 9 e 20%, existem inclusões com declividades superiores, localizadas, em maior proporção, abaixo da faixa isométrica de 284 a 326 m. A condição de uma declividade mais acentuada em função de uma altitude maior do relevo no sentido da Serra do Carmo gera uma possibilidade de maior erosão.

A partir da análise realizada nesta classe, foi atribuída a qualidade de moderado a alto potencial erosivo, correspondendo a 1.652,00 hectares ou 1,65 % da área total da bacia hidrográfica do Rio Água Suja.

Classe 4 (PE5) - Classe em que predominam os relevos planos e suavemente inclinados, com declividade de 8%. Sua altimetria varia de 600 a

788 m, sendo que, abaixo de 600 m, apresentam-se em contato com declividades superiores, chegando a ultrapassar os 45%.

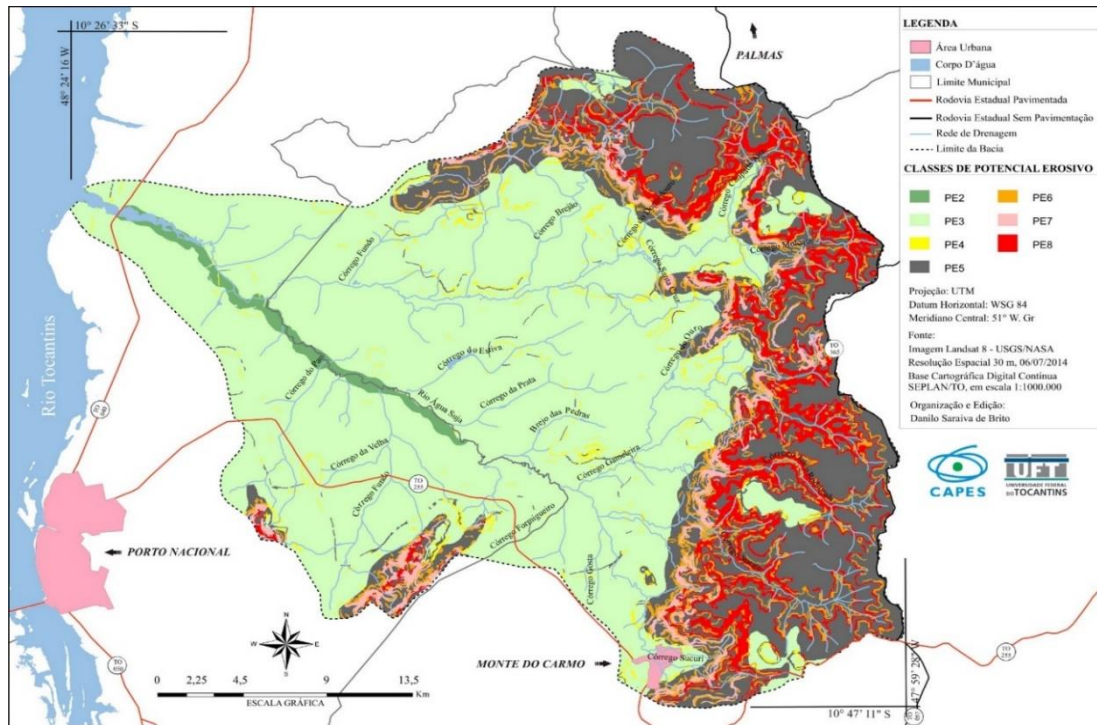


Figura 8. Classes de Potencial erosivo do solo da bacia hidrográfica do Rio Água Suja - Tocantins. Fonte: Elaborado pelo autor.

Por apresentar uma diversidade em forma e tamanho, o que a configura como uma região serrana (Serra do Carmo), há nesta classe a predominância das formas tabulares, como as chapadas e as mesas. Esta estrutura serrana tem como base geológica a Formação Pimenteira (Dp), mas existem também, nesta classe, com menor representação, outros embasamentos geológicos menos expressivos, como: a Suite Intrusiva Ipueira (peyi), que apresenta morros e pequenos espigões; a Suite Intrusiva Lajeado (PMy), que apresenta, como ambiente geomorfológico, um vale circundado por estruturas tabulares da Serra do Carmo; o Complexo Goiano (Peg), que apresenta em seu relevo a predominância de morros e alguns espigões; os Granitos Intrusivos (peyi), um embasamento geológico complexo com vários vales circundados por formas diversificadas de relevo, mas que no geral apresenta os espigões e morros; por último, o Complexo Porto Nacional. Os solos existentes nesta classe são os Plintossolos e Latossolos, sendo o primeiro mais representativo na área de estudo.

Por meio da análise alcançada nesta classe, foi atribuída a condição de alto moderado potencial

erosivo, perfazendo 22.786 hectares ou 22,69% de áreas ocupadas por esta classe.

Classe 5 (PE6) - Áreas com relevos ondulados, ocupando muitas áreas de morros com declividades bastante heterogêneas, embora ocorra um predomínio de declividades entre 9 a 20%, localizadas, em maior proporção, abaixo de 300. Os embasamentos que existem nesta classe são os mesmos apresentados na Classe 4, mas com predominância do Complexo Porto Nacional (Apn) e da Formação Pimenteiros (Dp). Os solos existentes são os Latossolos e os Neossolos (predominando).

Esta classe foi considerada pelas características analisadas, como de potencial erosivo alto a muito alto. Sua ocupação na bacia do Rio Água Suja corresponde a 4.459 hectares ou 4,24% do total.

Classe 6 (PE7) - Áreas com relevo fortemente ondulado, ocupando área de topo de morro seguido de rampas (sopé), provenientes de processos erosivos das áreas escarpadas e das partes superiores das formas tabulares. Os Solos existentes nesta classe são os Neossolos e os embasamentos geológicos são os mesmos presentes na classe 5.

A partir das características analisadas, esta classe foi considerada com alto a muito alto potencial erosivo. Sua disposição sobe a área da bacia do Rio Água Suja, totalizando 3.022 hectares ou 3.01% da área total.

Classe 7 (PE8) - Áreas de relevo escarpado, com declives variando a partir de 8%, mas com rápido aumento de declividade com predomínio de valores acima de 45%. Isso porque os terrenos apresentam as maiores altitudes, chegando a 578 m. A geomorfologia predominante são os paredões escarpados a partir das linhas de festão, onde ocorre um intenso processo erosivo e as bases (sopé) da Serra do Carmo e do Manuel do Carmo. Nesta classe, estão todos os embasamentos geológicos descritos nas classes 5, 6, 7 e 8.

A classe foi considerada pela caracterização analisada, com muito alto potencial erosivo,

correspondendo a 7.924 hectares ou 7,89% da bacia do Rio Água Suja.

Tendo como referência os dados levantados até o momento, quantificou-se o potencial erosivo da área total da bacia do Rio Água Suja, como apresenta a Tabela 04. Para calcular o índice do potencial erosivo, foram adotados os seguintes procedimentos: a coluna (1), que é o total das áreas das classes de potencial erosivo presente em cada classe; na coluna (2) foram colocados os respectivos valores superiores dos índices de potencial erosivo; a coluna (3) é o produto dos valores das colunas (1) e (2), sendo que foi obtido o índice do potencial erosivo dividindo-se o valor da somatória das colunas (3) e (1).

Obtiveram-se, desta maneira, as classes de potencial erosivo dos solos e seus símbolos, que estão demonstrados na Tabela 19.

Tabela 04 - Cálculo do potencial erosivo dos solos da bacia hidrográfica do Rio Água Suja- Tocantins

| POTENCIAL EROSIVO | ÁREA (ha) (1) | ÍNDICE DE PROT. EROS. SOLO (2) | SUP. REDUZIDA (3) | ÍNDICE DO POT. EROSIVO DO SOLO |
|-------------------------------------|---------------------|---|-------------------------|--------------------------------------|
| baixo a moderado potencial erosivo | 1.546 | 0,0250 | 38,65 | |
| moderado a baixo potencial erosivo | 59.219 | 0,0375 | 2220,71 | |
| moderado a alto potencial erosivo | 1.652 | 0,0500 | 82,60 | |
| alto a moderado potencial erosivo | 22.786 | 0,0625 | 1424,13 | |
| alto a muito alto potencial erosivo | 4.259 | 0,0750 | 319,43 | |
| muito alto a alto potencial erosivo | 3.022 | 0,0875 | 264,43 | |
| muito alto potencial erosivo | 7.924 | 0,1 | 792,40 | |
| | 100.408 | | 5142,34 | 0,0512 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Desta maneira, atribui-se o símbolo PE5 como situação de potencial de erosão, classificando a bacia hidrográfica do Rio Água Suja como de alto a moderado potencial erosivo.

Conclusões

A aplicação do DFC sobre a perspectiva da suscetibilidade à erosão natural mostrou-se satisfatório, pois permitiu caracterizar o potencial erosivo dos solos em diferentes paisagens da bacia do Rio Água Suja. Em síntese, os resultados alcançados revelaram que a bacia apresentou valores que vão de alto a moderado potencial erosivo, mostrando ter média suscetibilidade a erosão.

Vale ressaltar que cada paisagem da bacia possui sua peculiaridade, que reflete em potenciais erosivos diferentes. Assim, áreas planas ou com pouca ondulação precisam ser avaliadas tanto na perspectiva das declividades quanto das

características das rochas, dos solos e de outros elementos do relevo. Estes dados refletem diretamente em cada estrutura dos solos, o que resulta em diferentes potencias de erosão. Um ponto importante a se destacar neste trabalho é a não utilização de dados sobre os comprimentos das encostas, e os dados de cobertura vegetal, visto que a método de DFC não contempla estas características para avaliar o potencial erosivo do solo.

Sobre o uso do SPRING/INPE como um Sistema de Informação Geográfico (SIG) fica como sugestão para trabalhos de geo-espaciais, pois além de um software livre, mostrou-se eficiente tanto nas atividades de processamentos digitais quanto nos armazenamentos e manipulações de dados. O destaque do SPRING/INPE fica por conta da ferramenta LEGAL que, por meio de uma linguagem própria de programação, permite ao usuário criar

ferramentas para inúmeras atividades de processamento geo-espaciais e modelagens ambientais.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (CAPES) e a Fundação Universidade Federal do Tocantins (UFT), por meio do Programa de Pós-graduação em Geografia, que viabilizaram a realização de deste trabalho, contribuindo na geração de informações geográficas para a população tocantinense e brasileira.

Referencias

- Beltrame, A. da V. 1994. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. da UFSC, 112p.
- Bertrand, G. 2004. Paisagem e geografia física global – esboço metodológico. (Tradução: Olga Cruz). Trabalho publicado, originalmente na “Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest”, Toulouse 39 n. 3, 1968, p.249-272, sob título: Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. RA’E GA– O espaço geográfico em análise 8, 141-152.
- BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. Folha SE.22 Tocantins: Geologia, Pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981.
- Cassetti, V. 1995. Ambiente e apropriação do relevo. 2. ed.,– (Coleção caminhos da geografia).
- Chaves, C. L.; Gorayeb, S. de S.; Moura, C. A. V. 2008. Geologia geocronológica e litoquímica dos granitos paleoproterozóico do tipo A no setor setentrional da Província Tocantins. Revista Brasileira de Geociências 38, 366 – 378, jun. Disponível em:<www.sbgeo.com.br> Acesso em: 01 jan. de 2014.
- Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. 2003. Degradação Ambiental. In:_____ (Org.). Geomorfologia e meio ambiente. 4ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.337-379.
- CPRM(Brasil). 2015. Glossário Geológico Ilustrado. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/> Acesse em: 19 de março de 2015.
- Gorayeb, P. S. de S. 2011. Geologia do Tocantins: aspectos gerais e conhecimento atual. In:

- MORAIS, Fernando de. (Org.). Contribuição à geografia física do estado do Tocantins. Goiânia: Kelps 19-45.
- Guerra, A. J. T.; Botelho, R. G. M. 2006. Erosão dos solos. In: CUNHA, Sandra Batista; GUERRA, Antônio José Teixeira. (Org.). Geomorfologia do Brasil. 4. ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 181-220.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual Técnico de Pedologia. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, (Série Manual Técnico de Geociências).
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual Técnico de Geomorfologia. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, (Série Manual Técnico de Geociências).
- Ramalho Filho, Antônio Filho; Beek, K. J. 1995. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília, PLAN/MA – SNLCS/EMBRAPA, 70p.
- Salomão, F. X. de T.. 2010. Controle e prevenção dos processos erosivos In: GUERRA, José Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (org). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 6ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil., p.229-265.
- TOCANTINS(Estado), Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins. Atlas do Tocantins. 2012a. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/Portal/governo/geo/atlas> > Acesso em: jun. 2013.
- TOCANTINS(Estado), Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins. 2012b. Bases Vetoriais. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/Portal/governo/geo/bases-vetoriais>> Acesso em: jun. 2013.
- TOCANTINS(Estado), Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins. 2014. *Anuário Estatístico*. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/Portal/acontece/anuario-estatistico>> Acesso em: out. 2014.
- USGS. Earth Explorer. 2013. *Imagem Landsat 8*. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 09 out 2013. 1 fotografia aérea com resolução de 30 metros.