

## **Análise do uso e ocupação da terra aplicada ao diagnóstico físico-conservacionista - DFC - da Bacia Hidrográfica do Rio Água Suja, Tocantins - Brasil<sup>(1)</sup>**

Danilo Saraiva de Brito <sup>(2)</sup> e  
Emerson Figueiredo Leite <sup>(3)</sup>

**Resumo** – A degradação dos recursos naturais é resultado de causas naturais, mas também de ações humanas. Estas últimas são as que causam maior impacto e, por isso, responsáveis pelos acelerados processos de degradação física dos recursos, atingindo especialmente as coberturas vegetais e o solo. As causas antrópicas de degradação da cobertura vegetal são identificadas geralmente em práticas e técnicas inapropriadas de uso e ocupação da terra, refletindo em uma segunda degradação, a dos solos. Por trás dessas práticas e técnicas, existem ações de políticas públicas e empresariais que se articulam pressionando a ocupação e o uso da terra. O enfoque deste trabalho refere-se à aplicação dos indicadores (parâmetros) potenciais de proteção da cobertura vegetal do solo, propostos pelos pesquisadores venezuelanos do CIDIAT/MARNR. Esses indicadores fazem parte do diagnóstico físico-conservacionistas - DFC -, e têm o objetivo de avaliar o quadro ambiental na perspectiva do grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original - CO -, e o grau de proteção da cobertura vegetal atual - CA - fornecido ao solo da bacia hidrográfica do Rio Água Suja. Por meio da análise de geoprocessamento, foram construídas as bases de uso e ocupação da terra utilizada na análise da dinâmica da paisagem e nos indicadores CO e CA do DFC, que apresentou como resultado 69% de proteção de cobertura vegetal.

**Termos para indexação:** degradação física, geoprocessamento, indicadores potenciais de degradação.

## **The analysis use and occupation of land applied to physical conservation diagnosis (PCD) of Watershed of the Água Suja River, Tocantins (Brazil)**

**Abstract** - The degradation of natural resources is the result of natural causes, but also of human actions. These lasts are the most important and they are responsible for accelerated processes of physical degradation of resources, among which are the vegetation cover and the soil. The anthropogenic causes of the vegetation degradation are commonly identified with inappropriated practical and techniques in the use and occupation of the land that reflects in a second degradation, the soil degradation. Behind these practices and techniques there are actions of public and corporate policies that articulate pressing to which they apply. The focus of this work referred to the application of the indicators (parameters) of potential protection of the ground cover, proposed by Venezuelan researchers of the CIDIAT / MARNR. These indicators are part of the physical conservation diagnostic - PCD, and they present with objective to evaluate the environmental framework in view of the degree of similarity between the actual vegetation cover and the original vegetation cover (OC), and the degree of the protection of the vegetation cover (AC) supplied to the soil of the watershed of the Água Suja River. Through geoprocessing analysis were built the bases of the use and occupation of the land used in the analysis of the dynamics of the landscape and the OC, AC and PCD indicators that presented as a result 69% of protection of the vegetation cover.

**Index terms:** physical degradation, geoprocessing, indicators of potential degradation.

<sup>1</sup> Trabalho extraído da dissertação que foi financiado pela CAPES, na condição de bolsa, por meio do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins – UFT.

<sup>2</sup> Professor mestre da Universidade Estadual da Região Tocantina do MA, UEMASUL, Brasil. \*[britosada@gmail.com](mailto:britosada@gmail.com) e [brito\\_saraiva@uft.edu.br](mailto:brito_saraiva@uft.edu.br)

<sup>3</sup> Professor Adjunto II da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. \*[emerson.leite@ufms.br](mailto:emerson.leite@ufms.br)

## Introdução

Atualmente, o Estado do Tocantins é palco de um acelerado processo de expansão agrícola que vem se consolidando desde a fragmentação do antigo Estado de Goiás, em 1988, com a formação do mais novo Estado do Brasil (LIRA, 2011).

Mais que uma conquista do antigo norte goiano, a criação do Estado do Tocantins é um projeto de continuação da expansão e ocupação do modo de produção capitalista em direção ao Norte do Brasil. Com a frente de expansão para a região Norte, as grandes indústrias do Sul e do Sudeste, sobretudo aquelas que trabalham com beneficiamento/transformação de produtos de origem animal e vegetal, realocaram suas agroindústrias para a região Centro-Oeste. Assim, nas regiões Centro-Sul e Leste do Estado do Tocantins, iniciou-se um planejamento de expansão e ocupação do uso das terras no final da década de 1980, terras estas que antes tinham como principal atividade econômica a pecuária.

Levando em consideração os vários fatores edafoclimáticos, as regiões Centro-Sul e Leste do Tocantins iniciam a consolidação das atividades agropecuárias através da agricultura, que tem como carro-chefe a produção de grãos (soja, milho e sorgo), com destaque especial para os cultivos da soja (*Glycine max*) e do milho (*Zea mays*).

Na região citada estão os municípios de Porto Nacional, Palmas e Monte do Carmo, que contribuem na formação da área da bacia hidrográfica do Rio Água Suja, foco deste trabalho. A bacia hidrográfica do Rio Água Suja possui uma área de aproximadamente 1004,634 km<sup>2</sup>, estando esta à margem direita do médio curso do Rio Tocantins. 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) (FIG. 1).

Este trabalho é parte de um diagnóstico do meio físico denominado Diagnóstico Físico-Conservacionista - DFC -, aplicado na bacia hidrográfica do Rio Água Suja no Estado do Tocantins. O DFC utiliza-se de fatores potenciais de degradação física para avaliar o quadro ambiental. Um dos fatores potenciais e naturais de avaliação da degradação física diz respeito à vegetação. Para tal avaliação, são considerados dois aspectos: o grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original que existiu (parâmetro CO); o segundo aspecto é o grau de proteção da cobertura vegetal dos solos (parâmetro CA).

Esses parâmetros foram desenvolvidos pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Água e Terra (CIDIAT) pertencente ao Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) da Venezuela, e aplicados em bacias hidrográficas brasileiras por Beltrame (1994), Chueh (2004), Leite (2007) e Mendes et al. (2013).

O objetivo deste trabalho é utilizar técnicas de geoprocessamento para avaliar o grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a original (CO), o grau de proteção da cobertura vegetal (CA) e a dinâmica da paisagem gerada pelas atividades produtivas que suprimem a vegetação.

### **Materiais e Métodos**

O processo de geração e organização dos dados sobre a bacia hidrográfica do Rio Água Suja iniciou-se com as pesquisas bibliográfica e cartográfica, utilizadas para gerar um banco de dados digital. Esse banco de dados apresenta várias etapas de realização e armazenamento no software Spring/INPE 5.2.6, que serão descritas a seguir.

O mapeamento da bacia hidrográfica do Rio Água Suja teve início com a vetorização (formato ASCII/INPE) da rede de drenagem e dos divisores. Nesta etapa, foram utilizadas, como base, as cartas topográficas registradas (formato \*.tiff) da DSG/IBGE de 1984 em escala 1:100.000, das 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 (BRASIL, 1984).

A segunda etapa iniciou com a aquisição de uma imagem de satélite Landsat 1 MSS de órbita 238/067, datada de 20 de agosto de 1973, que foi utilizada para reconstruir a vegetação original, identificando a cobertura vegetal que deveria existir.

O mapeamento do uso e da ocupação da terra da bacia hidrográfica foi obtido por meio das seguintes classes: áreas urbanas, agricultura (cultura de curta duração), pecuária, floresta e matas de galeria, savana e corpo d'água, mapeados por meio de foteointerpretação e digitalização de imagem de satélite Landsat 5 TM (3R4G5B) e Landsat-8 (3R4G5B), disponibilizadas respectivamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - e pelo USGS, Earth Explorer. Ambas as imagens foram trabalhadas com resoluções espaciais de 30 m.

Com as imagens e as cartas topográficas, foi criado um banco de dados e um projeto no Spring/INPE 5.2.6, utilizando a projeção UTM, Datum WGS84, e retângulo envolvente de coordenadas geográficas: canto inferior esquerdo com longitude ( $\varphi$ ) O 49°35' e latitude ( $\lambda$ ) S 12°38'; canto superior direito com longitude ( $\varphi$ ) O 47°07' e latitude ( $\lambda$ ) 09°03'. Além das imagens e cartas topográficas, o banco de dados foi alimentado com shapefiles (\*.shp) produzidos pela Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins - SEPLAN/TO -,

contendo dados de vias de acessos e redes hidrográficas dos municípios de Palmas, Porto Nacional e Monte do Carmo, em escalas de 1:1000.000 (TOCANTINS, 2012).

As imagens utilizadas para o estudo passaram pelo procedimento de pré-processamento no software SPRING 5.2.6, não sendo necessária uma correção geométrica na imagem Landsat-8, visto que seu erro é mínimo em relação a sua resolução espacial, mas sim de uma reprojeção para o hemisfério Sul, pois as imagens Landsat-8 são imageadas com suas orientações para o norte verdadeiro. Em seguida as imagens tiveram seu tamanho reduzido para uma área menor e receberam um realce em seus pixels que facilitou o processo de classificação. Em geral o pré-processamento refere-se a todos os processos aplicados nas imagens com intuito de melhorar a qualidade visual e radiométrica (MOREIRA, 2011).

Em seguida foi aplicada a classificação pelo método híbrido, caracterizado pela parte computacional iniciada no pré-processamento e a parte de interação do usuário. Por meio desse método, o analista interfere no resultado do programa reclassificando os dados. A classificação consiste na extração da informação da imagem no intuito de reconhecer padrões e objetos homogêneos (LEITE; ROSA, 2011).

A classificação da imagem foi realizada empregando o método estatístico de máxima verossimilhança – MAXVER. Esse método é uma classificação do tipo supervisionada, pois utiliza algoritmos que reconhecem os padrões espectrais na imagem com base nas amostras de áreas de treinamentos fornecidas ao sistema de classificação (CÂMARA et al., 1996).

Com o resultado da classificação, a bacia hidrográfica foi dividida visualmente para corrigir erros de interpretação. Nessa etapa foi utilizada a ferramenta Google Earth para facilitar a identificação dos elementos, como os padrões espectrais, as texturas, formas e tamanhos, tonalidades, cor e sombras. Após a classificação das imagens de satélites, foram realizadas as quantificações das classes por meio da ferramenta Medida de Classes, que determinou as áreas ocupadas em cada classe. Os resultados permitiram compreender as dinâmicas da paisagem através das mudanças ocorridas nos cenários (imagens). Ainda no software SPRING 5.2.6, os dados foram 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 discussões

### Determinação do parâmetro de cobertura vegetal original (CO) e cobertura atual (CA)

No parâmetro de cobertura vegetal original (CO), a proposta é caracterizar o tipo de vegetação que haveria de existir como original. A cobertura vegetal é a defesa do solo contra os processos erosivos, pois proporciona proteção contra os impactos diretos das gotas de chuva, realiza a dispersão da água por meio da interceptação, facilitando a evaporação antes que atinja o solo, ou promove a redução da velocidade da água antes de esta atingir o solo. A produção de resíduo ou matéria orgânica forma uma barreira ao escoamento da água sobre a superfície, aumentando a infiltração e a retenção da água por parte do solo, que tem sua estrutura melhorada (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Para Santos et al. (2005), a cobertura original refere-se à vegetação primária em equilíbrio com as condições climáticas e pedológicas, sem a descaracterização, o que não é incomum no Brasil, em razão do intenso desmatamento. Neste caso, trabalhos que envolvem a metodologia do DFC ou similares que necessitam da vegetação original recorrem aos acervos literários e aos órgãos oficiais que geralmente dispõem dessas informações.

### Aspectos Fitogeográficos

A análise fitogeográfica é a fase do processo de caracterização da paisagem, cujo objetivo é avaliar o potencial original da área de estudo, mediante a densidade da cobertura vegetal. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE -, por meio do Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, faz uso do termo Savana em estudos ambientais em vez de Cerrado, em análise fitogeográfica, não negando o fator regionalizado ou popularizado deste último. A denominação Savana é resultado da comparação fitofisionômica ecológica da região central do Brasil homóloga à vegetação da África e Ásia.

Para Conti e Furlan (2008), o Cerrado é definido como floresta-ecótono-campo (FIG. 2). Nesse ambiente, denominado pelos biólogos de ecótono, ocorre um conjunto florístico arbóreo e arbustivo que decresce paulatinamente até as áreas de campo, predominando uma vegetação xeromorfa aberta, dominada por um estrato herbáceo.

A Savana brasileira (Cerrado) é uma vasta região localizada na área central do Brasil. Ocupando uma área de 204,7 milhões de hectares (IBGE, 2004), engloba os estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal.

No Tocantins, a Savana representa 92% da vegetação do Estado (RESCK et al., 2008). Essa porcentagem é distribuída entre os seus subgrupos, sendo Savana Arbórea Densa – SD

(Cerradão); Savana Arbórea Aberta – SA (Campo Cerrado), sem (SAS) e com (SAF) floresta de galeria; Savana Parque (SP), sem (SPS) e com (SPF) florestas de galeria; e Gramíneo-lenhosa (SG), sem (SGS) e com (SGF) florestas de galeria.

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981), na área em estudo, está presente a Savana (S) com os seguintes níveis herbáceos: Savana Arborizada com floresta de galeria (SAF), conhecida regionalmente como Campo Cerrado; Savana Arbórea, sem floresta de galeria (SAS); e Savana Parque (SPS), sem floresta de galeria.

Para melhor sintetização e aplicabilidade dos dados no método do DFC, as informações contidas sobre os aspectos fitogeográficos foram adaptadas às classes: floresta/matias de galeria e savana. Assim, a classe floresta/matias de galeria representa as savanas arbóreas abertas com florestas de galeria e parque, e a classe savana representa a savana arbórea aberta sem florestas de galeria.

Através da classificação da imagem Landsat 1, foram obtidos e quantificados os dados sobre as duas classes (FIG. 3). Os valores estão expressos em quilômetros quadrados como apresenta a TAB. 1.

A distribuição fitogeográfica da Savana (Cerrado) na bacia hidrográfica tem como característica a predominância da Savana Arborizada sobre relevo cujas altitudes não ultrapassem os 300 m. A Savana Arbórea, em contrapartida, está localizada nas áreas mais altas, sobre as encostas e estruturas da Serra do Carmo.

Após a quantificação e caracterização espacial da vegetação original (CO) da área de estudo, os dados foram correlacionados com a vegetação atual pelas seguintes classes temáticas: Área Urbana, Culturas de Agricultura (Curta Duração), Pecuária, Floresta e Matias de Galeria e Savana, Corpo d'Água. As classes temáticas analisadas têm como referência as recomendações do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

O Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra - SCUT - do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013) classifica e caracteriza as classes supracitadas conforme o QUADRO 1.

Assim, o SCUT classifica essas classes temáticas mediante as seguintes características (IBGE, 2013):

**Área Urbana** - áreas correspondentes às cidades (sedes municipais) e às vilas (sedes distritais). Compreende áreas de uso intensivo com centro populacional permanente, altamente organizado com funções e políticas próprias, e estruturadas por edificações e sistemas viários, onde predominam superfícies artificiais não agrícolas.

**Agricultura (Cultura de Curta Duração)** - áreas de atividades agrícolas com destaque para as oleaginosas (soja e milho) cujo cultivo é de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, com disponibilidade do terreno, após a produção, para novo plantio.

**Pecuária** - são as áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais. Nessas áreas, o solo está coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros. A atividade que se desenvolve sobre essas pastagens é a pecuária em que se procura unir ciência e tecnologia visando à produção de animais domésticos de grande, médio e pequeno porte com objetivos econômicos.

**Floresta e Matas de Galeria** - consideram-se como florestais as formações arbóreas com porte superior a 5 m, incluindo-se as fisionomias Savana Florestal, representada pelo Cerradão ou Savana Arbórea Aberta com florestas de galeria. Nesta classe estão inseridas também as matas existentes nas margens dos rios, nas bordas das chapadas e nos topos de morros que apresentam uma vegetação densa.

**Savana** - entende-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, são aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. A classe Savana neste trabalho é também uma adaptação, visto que nesta categoria incluem-se os casos em que a informação de campo e de outras fontes de dados não permitiram definir uma classe de uso para determinado polígono em área campestre. Desta forma, foi possível identificar o grau de semelhança existente entre a vegetação original e a atual (CO). As classes da vegetação atual foram obtidas por meio da classificação da imagem de satélite Landsat-8, de 15 de junho de 2014.

Após a classificação da imagem Landsat-8, empregada para determinar a vegetação atual, foi utilizada a ferramenta Medida de Classes, que quantificou as áreas ocupadas em cada classe e sua proporção com a cobertura original; em seguida, a essas informações foram atribuídos índices específicos (TAB. 3).

O grau de semelhança refere-se às características de densidade da cobertura vegetal atual e da original, não levando em consideração a semelhança botânica. Outro ponto importante a ser observado é a escala e a qualidade das imagens antigas, que não ofereceram um detalhamento desejável para diferenciar os elementos dentro da bacia. Mesmo a técnica de Sensoriamento Remoto, usada na interpretação das imagens via-satélite, não fornece



detalhamento ideal, pois não distingue matas primárias de secundárias, principalmente quando utilizada na escala 1:50.000 ou escalas cartográficas menores (BELTRAME, 1994).

Quantificando as áreas de vegetação representadas pela cobertura vegetal existente na bacia hidrográfica do Rio Água Suja, foram determinadas as proporções por ela ocupadas. Os resultados obtidos estão demonstrados na TAB. 2.

Conforme a TAB. 2, as três primeiras classes quantificadas foram as de origens antrópicas. Assim, o primeiro dado quantificado pertence à classe Área Urbana, que apresentou 0,23% da área da bacia hidrográfica do Rio Água Suja, ou 2,3544 km<sup>2</sup>. A próxima classe quantificada são as áreas de atividades agrícolas, cujo resultado apresentou 20,89% ou 209,8233 km<sup>2</sup> de áreas plantadas. Em seguida, a atividade de criação de gado representada pela classe Pecuária somou um total de 138,4281 km<sup>2</sup> ou 13,78% de pastagem. As três últimas classes quantificadas foram as áreas naturais. Assim, a classe Floresta e Matas de Galeria foi quantificada em 272,6028 km<sup>2</sup> ou 27,13%, a Savana em 378,099 km<sup>2</sup> ou 37,64%, e os Corpos d'Água em 3,3264 km<sup>2</sup> ou 0,33%.

A TAB. 3 mostra os índices em porcentagens usados para classificação das bacias hidrográficas quanto ao grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual, descrita anteriormente, e a original. Esses índices foram aplicados por Beltrame (1994) com base em estudos do Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - MARNR - da Venezuela.

Analisado o grau de semelhança, a bacia hidrográfica do Rio Água Suja apresentou: Área igual a 1004,634 km<sup>2</sup>, que era ocupada em 100% pelas vegetações savânicas (Cerrado), com ou sem florestas de galeria. Área ocupada pela Savana em 15 de junho de 2014 igual a 650,7018 km<sup>2</sup>.

Deste modo, aplicando-se o grau de semelhança sobre a Cobertura Original e seu remanescente, atribui-se o nível de “mediamente semelhante” e índice CO<sub>2</sub>, pois a área ocupa grau de semelhança entre 61 e 80%.

A cobertura vegetal é responsável pela redução das taxas de erosão do solo por meio de sua densidade, pois, quanto mais coberto pela vegetação o solo estiver, menos erosão se fará presente, visto que há interceptação das chuvas por meio das copas. Além disso, existe na superfície a formação dos húmus, que são importantes para a estabilidade e teor de agregados aos solos. Assim, a cobertura vegetal tem papel importante na infiltração e na redução do escoamento superficial (CUNHA; GUERRA, 2003).



Utilizando a quantificação do uso e ocupação da terra, mostrado pela TAB. 2, passa-se a atribuir o índice de proteção de cada tipo de uso e cobertura presente, conforme apresentado na TAB. 4.

Executando os índices descritos anteriormente, foi alcançado o índice de proteção total da bacia hidrográfica do Rio Água Suja através da somatória das classes (1), e sua multiplicação com os respectivos índices de proteção (2) referentes a cada classe que resultou no índice total de proteção (coluna 4) presente na TAB. 5.

Calculado o índice de proteção total da Bacia Hidrográfica, estabeleceram-se símbolos como classificação do valor, de acordo com TAB. 6.

Desta maneira, os respectivos índices e símbolos de proteção alcançados pela cobertura vegetal presente na bacia do Rio Água Suja foram de 0,692, representando o símbolo CA<sub>3</sub>. Este resultado representa uma condição de proteção equivalente a 69% de cobertura vegetal independentemente das características botânicas, pois inclui nesta cobertura a savana (Cerrado), a mata e os remanescentes florestais.

Embora o CA<sub>3</sub> alcançado seja próximo de CA<sub>1</sub>, dentro da classificação, o resultado não reflete necessariamente uma cobertura ideal de proteção ao solo, que nesse caso só seria possível com a vegetação. Porém, existe uma proteção do solo menos eficiente em comparação à vegetação, que deve ser considerada para efeito do diagnóstico do meio físico.

### **Estudo comparativo do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Água Suja, entre os anos 1984, 1994, 2004 e 2014**

Segundo Beltrame (1994), os estudos comparativos do uso e ocupação da terra em diferentes períodos são importantes ao DFC, pois geram mais informações sobre a área de estudo, sobretudo no que tange à cobertura vegetal. Logo, a caracterização da evolução dos usos da terra durante o período estabelecido ao DFC da bacia do Rio Água Suja de 1984 a 2014, disposto na TAB. 7, auxilia no diagnóstico ambiental da área estudada, permitindo a análise da dinâmica das principais formas de uso e ocupação terra.

Por meio das ferramentas do software SPRING 5.2.6, foram realizadas as classificações das imagens de satélites das cenas de 15 de junho de 1984, 13 de maio de 1994, 25 de junho de 2004 e 5 de junho de 2014. Aplicando a classificação híbrida nas cenas e as medidas matriciais das classes, pode-se quantificar e analisar as formas de uso e ocupação ocorridas na área de estudo.

Conhecer as formas de uso e ocupação da terra é pré-requisito para trabalhos que visam ao planejamento de uma bacia hidrográfica. Quando geradas por meios cartográficos, as

informações tornam-se um dado indispensável na definição do grau de proteção do solo pela cobertura vegetal, nas formas de uso e ocupação da terra, além de contribuir na definição da aptidão do uso agrícola (BELTRAME, 1994).

Aplicado o método de classificação das imagens seguindo a proposto do SCUT, bem como a verificação do campo e a utilização da ferramenta Google Earth, foram alcançados os seguintes resultados no uso e ocupação da terra, conforme a TAB. 7 e a FIG. 4.

Os dados obtidos e tabulados na TAB. 7 mostraram que a bacia hidrográfica do Rio Água Suja apresenta atualmente 3,3264 km<sup>2</sup> de áreas preenchidas por lâminas de água, correspondendo a 0,33% da área. Em 1984, as áreas que correspondiam aos corpos d'água representavam 0,01km<sup>2</sup>; após a construção da UHE de Luiz Eduardo Magalhães, conhecida também como Usina Hidrelétrica de Lajeado (município de Lajeado), houve um acúmulo de água que elevou o lençol freático na área da bacia hidrográfica, permitindo atualmente a expansão da área representada por esta classe.

Ao longo desses trinta anos, além do aumento da disponibilidade de recursos hídricos, em razão da elevação do lençol freático resultante da construção da UHE de Lajeado (que entrou em funcionamento em 2001), houve também a intensificação da ocupação e do uso da bacia hidrográfica. Esse processo de intensificação sobre a bacia do Rio Água Suja tem como principais características a regressão da área destinada à pecuária, sendo esta substituída pela agricultura, em especial os cultivos anuais como a soja, o milho e o sorgo. Em 1984 a pecuária representava 48,22% da área (484,3926 km<sup>2</sup>), e atualmente representa apenas 13,78% da área total da bacia.

A substituição das áreas de pecuária pela agricultura não significa necessariamente que a vegetação natural esteja sendo preservada. Os dados mostram que as áreas ocupadas pela vegetação natural foram substituídas pela agricultura, assim como parte das áreas de pecuária. No geral, a vegetação mais densa, representada pela classe Floresta/Matas de Galeria, sofreu reduções, visto que, em 1984, as áreas ocupadas por essa classe eram de 41,11%, e, atualmente, na bacia do Rio Água Suja, há 27,13% (272,6028km<sup>2</sup>) da área total.

Outro dado importante sobre a vegetação são as mudanças de classes entre as vegetações naturais, representadas pelas classes Floresta/Matas de Galeria e Savana. Em 1984, os polígonos que representavam a classe Savana eram de 48,22% da área ocupada. Em vinte anos, houve uma mudança em parte dos polígonos Floresta/Matas de Galeria, resultado do desmatamento das árvores de grande porte (em razão da produção de madeira), transformando-os em áreas campestres. Dez anos depois (registrado em 2014), houve uma

redução das áreas campestres para 37,64% (378,099 km<sup>2</sup>) da área, em comparação com os dados de 2004, resultado da expansão agrícola.

## Conclusões

De maneira objetiva e simplificada, o DFC qualificou o estado físico de conservação do solo do ponto de vista da vegetação como moderadamente protegido pela vegetação, com 69% da cobertura vegetal, tendo certa semelhança com a vegetação original.

A análise do uso e ocupação da terra tornou-se extremamente importante, pois gerou informações sobre a dinâmica da área, identificando as áreas que mais sofreram alterações em razão de diferentes atividades ou intensificações de uso ao longo de 30 anos. Quando comparados os resultados do grau de semelhança entre a cobertura atual e a original, identificam-se, com mais detalhes, os principais polígonos que sofreram as alterações. Embora o resultado geral do índice CA<sub>3</sub> da área de estudo tenha apresentado um valor moderado, os mapas de uso e ocupação da terra apresentam a realidade sobre a distribuição desses usos e ocupação e, conseqüentemente, as áreas desprotegidas pela cobertura vegetal, que por sinal ficaram concentradas nas áreas adjacentes aos canais principais da bacia do Rio Água Suja.

No geral a metodologia do DFC confirmou um acelerado processo de modificação na paisagem da bacia do Rio Água Suja, representado sobretudo pela supressão da vegetação. Essas alterações estão relacionadas ao movimento de frentes de expansão agrícola que se intensificou na década de 1980 no antigo Goiás e às novas ações político-administrativas surgidas com a criação do Estado do Tocantins.

A criação do Tocantins abriu novas possibilidades de atividades produtivas no antigo norte goiano, que passou a receber mais atenção governamental, com investimentos estruturais (pontes, estradas, rodovias, ferrovias etc.), apoio e incentivo a investimentos privados no Tocantins. Na bacia do Rio Água Suja, foram identificados esses investimentos estruturais e financeiro-privados por meio de um intenso processo de alteração da paisagem com a presença de novas vias de acesso, rodovias asfaltadas, construções de pontes, expansão de atividades agropecuárias e uso de tecnologias agrícolas que permitem a intensificação da produção agrícola, como as técnicas de irrigação e de correção dos solos.

Embora seja uma pesquisa voltada para um pequeno fragmento do Tocantins, o trabalho realizado sobre a bacia hidrográfica do Rio Água Suja reflete as novas decisões políticas

quanto à expansão agrícola na Amazônia. Assim, esta pesquisa servirá de base para outros estudos de mesma natureza.

### **Agradecimento**

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - e à Fundação Universidade Federal do Tocantins - UFT -, por meio do Programa de Pós-graduação em Geografia, que viabilizaram economicamente e materialmente a realização deste trabalho.

### **Referências**

- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994. 112 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. **Folha SE.22 Tocantins: Geologia, Pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1981.
- BRASIL. **Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília. 4 cartas topográfica das folhas MI-1644, MI-1645; MI-1710 e MI-1711, 1984. Escala 1:100.000.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLEY, A.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Rio de Janeiro: INPE/IBM Brasil/UNICAMP/TELEBRÁS, 1996.
- CHUEH, A. M. **Análise do uso e degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Pequeno – São José dos Pinhais /PR, por meio do diagnóstico físico-conservacionista – DFC**. 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2004.
- CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L.; Sanches. (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp. 2005. p. 67-198.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 337-379.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- \_\_\_\_\_. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Mapa de biomas do Brasil**. 2004. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Escala 1:5.000.000. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/ho-me/presidencia/noticia/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 31 jul. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (São José dos Campos, SP). Imagens Landsat 5 TM. Disponível em: <<http://www.dem.inpe.br>>. Acesso em: set. 2014. 4 fotográficas aéreas com resolução de 30 metros.

LEITE, E. F. **Característica, diagnóstico e zoneamento ambiental:** o exemplo da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. 2011. 228 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2011.

LEITE, E. F. **Utilização do geoprocessamento na análise ambiental por diagnóstico físico-conservacionista:** estudo de caso na microbacia hidrográfica do Córrego Vilas Boas, Miranda-MS. 139 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação *stricto sensu*, Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2007.

LIRA, E. R. **A gênese de Palmas:** Tocantins. Goiânia: Kelps, 2011.

MENDES, L.F.; CAMPANHARO, W. A.; PILON, L.C.; CRUZ, T.P. FERRARI, J. L, Diagnóstico físico-ambiental do assentamento paraíso, Alegre, ES. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v. 8, n. 1, p.190-198, jan/mar2013. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1822/1530>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 4. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2011.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; FIGUEIREDO, C. C. Manejo do solo sob um enfoque sistêmico. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Org.) **Savana:** desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília/Planaltina (DF): Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1198 p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solos no campo.** 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100 p.

TOCANTINS (Estado), Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins. **Bases Vetoriais.** 2012. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/Portal/governo/geo/bases-vetoriais>>. Acesso em: jun. 2013.

USGS. Earth Explorer. **Imagem Landsat 8.** Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 9 out 2013. 1 fotografia aérea com resolução de 30 metros.

## Tabelas, Quadros e Figuras

TABELA 1 - Classes fitofisionômicas da bacia hidrográfica do Rio Água Suja, Tocantins.

SÍMBOLOS	CLASSES FITOFISIONÔMICAS	CLASSES ADAPTADAS	ÁREA (km <sup>2</sup> )	%
Sas	Savana Arbórea Aberta sem floresta de galeria – SAS	Floresta/Matas de Galeria	471,7572	46,96
Saf	Savana Arbórea Aberta com floresta de galeria	Savana	532,8768	53,04
Sp	Savana Parque			
Total			1004,634	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

TABELA 2 - Dados de uso e ocupação atual da terra, em 15 de junho de 2014.

CLASSES TEMÁTICAS	15/06/2014	
	km <sup>2</sup>	%
Área Urbana	2,3544	0,23
Agricultura	209,8233	20,89
Pecuária	138,4281	13,78
Florestas e Mata de Galeria	272,6028	27,13
Savana	378,099	37,64
Corpo D'água	3,3264	0,33
Total	1004,634	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor

TABELA 3 - Classificação quanto ao grau de semelhança existente entre a vegetação atual e a original.

GRAUS DE SEMELHANÇA	ÍNDICE	NÍVEIS
81-100%	CO <sub>1</sub>	Altamente semelhante
61-80%	CO <sub>2</sub>	Semelhante
41-60%	CO <sub>3</sub>	Mediamente semelhante
21-40%	CO <sub>4</sub>	Baixa semelhança
1-20%	CO <sub>5</sub>	Nenhuma semelhança

Fonte: Beltrame (1994).

TABELA 4 – Classificação do tipo de uso e de cobertura da terra quanto à proteção do solo.

Tipo de Cobertura Vegetal (2014)	Índice de Proteção
Floresta e Matas de Galeria	1
Savana (Cerrado)	0,7
Pecuária	0,5
Culturas de Curta Duração (Agricultura)	0,4
Área Urbana	0,2

Fonte: Adaptação de Beltrame (1994).

TABELA 5 - Uso e ocupação da terra e o respectivo índice de proteção fornecida ao solo, com base na área ocupada por cada classe.

TIPOS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÍNDICE DE PROTEÇÃO	SUPERFÍCIE REDUZIDA	ÍNDICE DE PROTEÇÃO
Área Urbana	2,3544	0,2	0,4709	
Agricultura	209,8233	0,4	69,2141	
Pecuária	138,4281	0,5	69,2141	
Floresta e Mata de Galeria	272,6028	1	272,6028	
Savana	378,099	0,7	264,6693	
Total	998,9532		690,8864	0,692

Fonte: Elaborado pelo autor.

TABELA 6 - Índice e símbolo de proteção total da vegetação.

ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL	SÍMBOLOS
1	CA <sub>1</sub>
0,8-0,99	CA <sub>2</sub>
0,6-0,79	CA <sub>3</sub>
0,4-0,59	CA <sub>4</sub>
0,2-0,39	CA <sub>5</sub>
0,0-0,19	CA <sub>6</sub>
0	CA <sub>7</sub>

Fonte: Beltrame (1994).

TABELA 7 - Tabulação dos dados de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Água Suja, Porto Nacional - TO, no período de 1984 a 2014 (intervalo de 10 anos).

CLASSES TEMÁTICAS	18/6/1984		13/5/1994	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Corpo d'água	0,01	0,00		
Floresta e Mata de Galeria	413,0424	41,11	336,7521	33,52
Savana	484,3926	48,22	370,4202	36,87
Pecuária	106,7886	10,63	277,578	27,63
Agricultura	0,0099	0,00	18,4815	1,84



Área Urbana	0,3906	0,04	1,1871	0,12
Total	1004,634	100,00	1004,634	100,00
CLASSES TEMÁTICAS	25/6/2004		15/6/2014	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Corpo d'água	1,5057	0,15	3,3264	0,33
Floresta e Matas de Galeria	194,4126	19,35	272,6028	27,13
Savana	469,4985	46,73	378,099	37,64
Pecuária	210,4173	20,94	138,4281	13,78
Agricultura	126,5949	12,60	209,8233	20,89
Área Urbana	2,205	0,22	2,3544	0,23
Total	1004,634	100,00	1004,634	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### QUADRO 1 - Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra – SCUT

Nível I Classe	Dígito II	Nível II Subclasse	Unidades
1. Áreas Antrópicas Não Agrícolas	1.1	Áreas Urbanizadas	1.1.1 Área Urbana
2. Áreas Antrópicas Agrícolas	2.1	Culturas Temporárias	2.1.1 Culturas de Curta Duração (Agricultura)
	2.2	Pastagens	2.2.1 Pecuárias
3. Área de Vegetação Natural	3.1	Área Florestada	3.1.1 Floresta e Matas de Galeria
	3.2	Área Campestre	3.2.1. Savana
4. Água	4.1	Águas Continentais	4.1.1. Corpo d'água

Fonte: Adaptação do IBGE, 2013

FIGURA 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Água Suja, Tocantins.

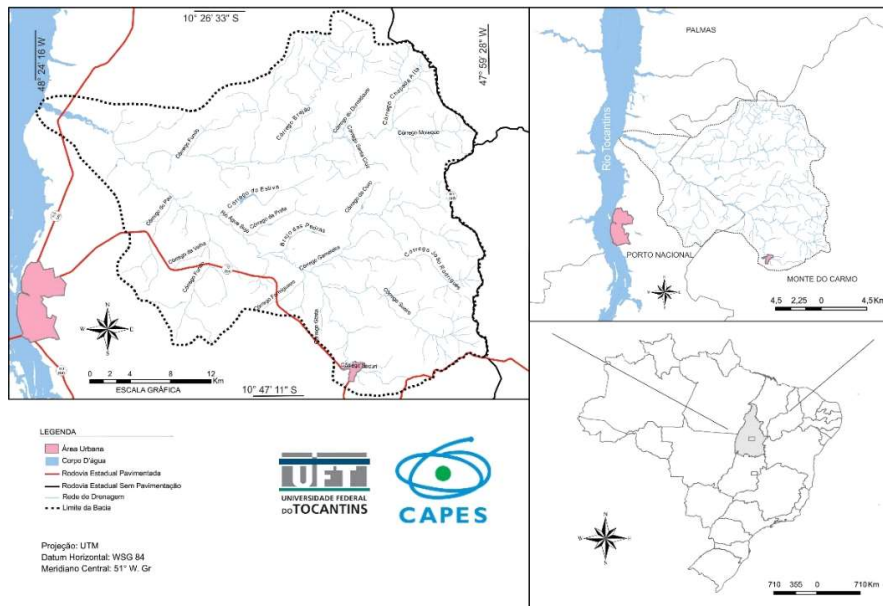


FIGURA 2 - Floresta-ecótono-campo (CONTI; FURLAN, 2005, p. 179).

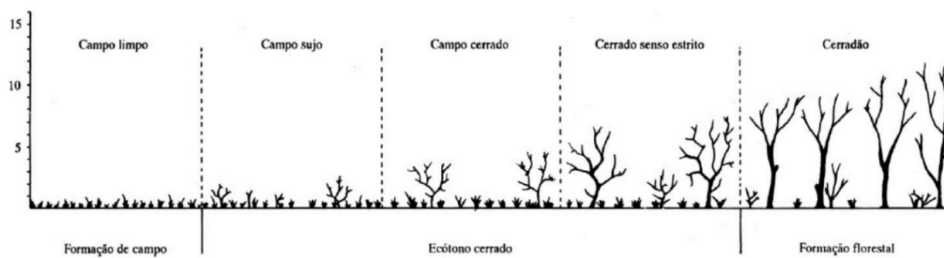
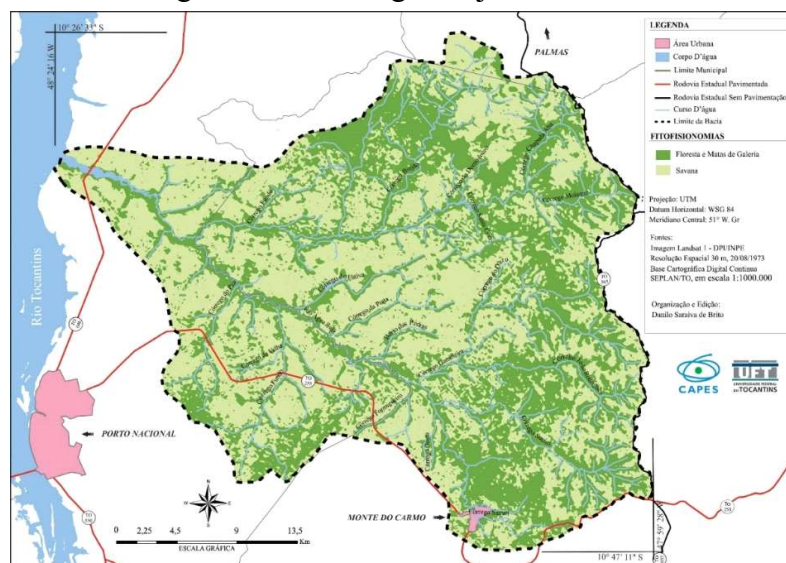
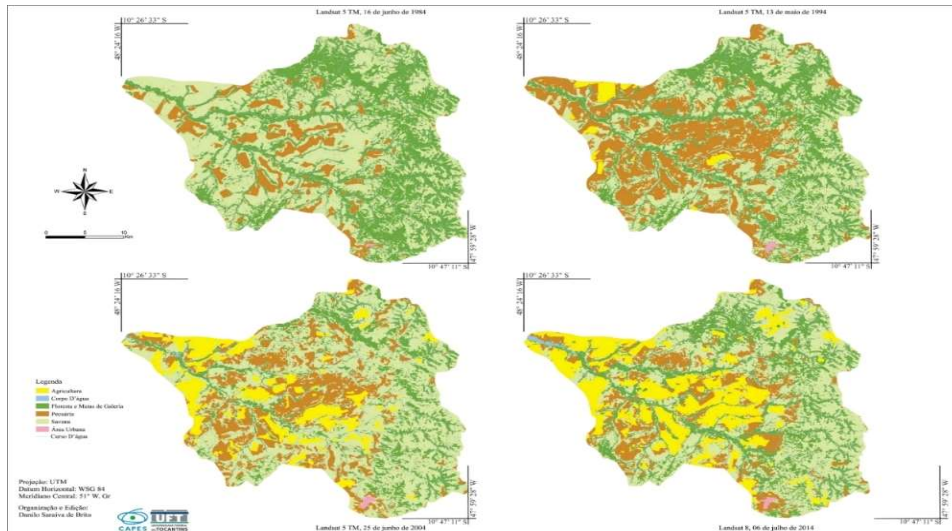


FIGURA 3 - Fitofisionomias, potenciais do Cerrado na bacia hidrográfica do Rio Água Suja - Tocantins.



Fonte: Elaborado pelo autor.

FIGURA 4 - Mapas temáticos de uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Água Suja, Tocantins, no período de 1984 a 2014 (intervalo de dez anos).



Fonte: Organizado pelo autor.