



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ANÁLISE ESPACIAL DAS ÁREAS ÚMIDAS DA BACIA DO RIO
CAIAPÓ, GO.**

Mestrando: Diego Antônio B. de Cedro

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos

Goiânia, setembro de 2011.

DIEGO ANTÔNIO BOTELHO DE CEDRO

Análise espacial das áreas úmidas da bacia do rio Caiapó, GO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós- Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio- Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção de título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Ambiente e Apropriação do Cerrado

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos

Goiânia, setembro de 2011.

DIEGO ANTÔNIO BOTELHO DE CEDRO

Análise espacial das áreas úmidas da bacia do rio Caiapó, GO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em _____ de ____ de _____, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos
Orientador

Profº. Dr. Idelvone Mendes Ferreira
Membro Titular

Dra. Selma Simões de Castro
Membro Titular

Prof. Dr. Manuel Eduardo Ferreira
Membro Suplente

Goiânia, setembro de 2011.

AGRADECIMENTOS

À minha família, que sempre estiveram ao meu lado, apoiando, incentivando, colaborando, pressionando e cobrando, do início ao fim. Faço isso por vocês.

Ao professor Dr. Alfredo Borges de Campos, que teve sua paciência comigo testada por várias vezes, e com seu jeito sereno e direto, me alertou todo o tempo para a seriedade e dedicação necessária para conclusão de um trabalho com esse. A concentração no trabalho e forma como o senhor trata as diversidades do dia a dia na pesquisa servem de ideal pra mim professor, obrigado de verdade.

A toda equipe do Laboratório de Geologia e Geografia Física, LABOGEF, especialmente à professoras Selma Simões de Castros e Karla Faria, os professores Maximiliano Bayer e Marcio Zancopé e aos queridos colegas Gabriel Tenaglia e Raphael Borges. A companhia diária é a forma mais fácil de aprendizado. Vocês são exemplos pra mim. Como diz o Gabriel, “É LABOGEF na veia!”.

A amiga fiel Juliana Ramalho Barros. Poderia escrever o dobro de páginas dessa dissertação em agradecimentos a você e elas não seriam suficientes. Esse é o primeiro passo de começar minhas retribuições.

A todos os amigos presentes durante esse longo período de luta, obrigado!

Ao programa de pós-graduação em geografia do Instituto de Estudos Sócio-ambientais e à CAPES, pelo apoio neste período até a conclusão deste trabalho.

Such is the way of the world
You can never know
Just where to put all your faith
And how will it grow

Gonna rise up
Bringing back holes and dark memories
Gonna rise up
Turning mistakes into gold

Such is the passage of time
Too fast to fold
And suddenly swallowed by signs
Low and behold

Gonna rise up
Find my direction magnetically
Gonna rise up
Throw down my haste in the road

Eddie Vedder

RESUMO

Discorrer sobre as áreas úmidas como ecossistemas complexos com gênese, evolução e dinâmica particular, situados na a partir da inter-relação água e solo/relevo, tendo um papel fundamental na dinâmica hidrológica e na biodiversidade. Essas áreas são extremamente vulneráveis as ações antrópicas, tendo em vista que são controladas por um complexo sistema natural, sensível aos processos de ocupação e aos efeitos de técnicas de manejo não adequadas. Essa pesquisa surgiu da importância de se estudar as áreas úmidas do bioma Cerrado, utilizando como exemplo a bacia do rio Caiapó, um dos afluentes da margem direita do rio Araguaia, no estado de Goiás. Na pesquisa foram identificadas e classificadas as áreas úmidas da bacia selecionada, levantadas e classificadas as classes de uso antrópico para análise espacial e do comportamento temporal frente à evolução do uso e as relações entre essas classes antagônicas. As imagens utilizadas para estudos do uso do solo e identificação das áreas úmidas foram aquelas referentes aos anos de 1975, 1985, 1995 e 2009, obtidas por meio dos satélites *Landsat1 MSS*(1975) e *Landsat 5 TM* (todas as demais). Tais imagens foram georreferenciadas e mosaicadas com emprego do software *ENVI*, e segmentadas e classificadas com o software *Spring* para identificação das áreas de interesse. Para que se conseguisse abranger toda a área da bacia do rio Caiapó foram utilizadas três cenas *Landsat5 TM*, sendo elas de órbita/ponto 223/71, 223/72 e 224/71 e 4 cenas *Landsat1 MSS*, para o levantamento do ano de 1975, de órbita/ponto 239/071, 239/072, 240/071 e 240/072. As áreas úmidas foram classificadas em Mata Galeria/Ciliar, Campo Limpo Úmido, Campo Sujo Úmido, Várzeas, Vereda/Buritizal, Lago e Rios/Água; os tipos de uso antrópico do solo foram classificados em Agricultura, Pastagem, Área Urbana e Área Preservada. Os produtos gerados, em formato *shape*, foram convertidos para formato *Ascii* e transportados para o software *Fragstats* para análise das métricas da paisagem. Desta forma, obteve-se um banco de dados sobre as áreas úmidas, contendo diversas imagens de satélite dos meses posteriores ao período chuvoso (Maio, junho e julho) para os referidos anos, também foi desenvolvida uma metodologia para identificação de áreas úmidas a essa escala de trabalho 1:150.000 e, por fim, foram alcançados resultados onde se revela à predominância da classe de Mata Galeria/Ciliar entre as áreas úmidas no ano de 2009 e também, o avanço de atividades agrícolas sobre essas áreas, muitas vezes desrespeitando as leis ambientais vigentes. O uso integrado das ferramentas básicas do sensoriamento remoto e geoprocessamento mostraram-se eficiente para esse tipo de trabalho, produzindo informações úteis para a melhor compreensão do processo de fragmentação na área.

Palavras-chave: Áreas úmidas, uso antrópico do solo, bacia do rio Caiapó, estado de Goiás.

ABSTRACT

Wetlands are complex ecosystems with Genesis, evolution and dynamic private situated in soil/water interface and relief, which has a key role in the hydrological dynamics and on biodiversity. These areas are extremely vulnerable to human actions, which are controlled by a complex natural system processes, sensitive to the effects of occupation and management techniques are not appropriate. This research has emerged on the importance of studying the humid areas of Cerrado biome, using as example the basin of the Caiapó river, one of the tributaries of the right bank of the rio Araguaia, Goiás. In the survey were identified and classified the humid areas of the basin selected, raised and classified the anthropic use classes for spatial analysis and temporal behavior of the forward to the evolution of the use and the relationship between these antagonistic classes. The images used for land-use studies and identification of wetlands were those for the years 1975, 1985, 1995 and 2009, obtained by means of the satellites Landsat MSS 1 (1975) and Landsat 5 TM (all other). Such images were referenced and mosaiced with employment, and threaded software ENVI and classified with the Spring software for identification of areas of interest. So if you could cover the entire area of the basin of the Caiapó river were used three Landsat 5 TM scenes, being they orbit/point 223/71, 72 and 223/224/71 4 and Landsat scenes 1 MSS, the lifting of the year 1975, orbit/point 239/071/072, 239, 240 and 240/071/072. The wetlands were classified in Mata Galeria/Ciliar, Campo Limpo Úmido, Campo Sujo Úmido, Várzeas, Vereda/Buritizal, Lake and Rivers/water; the anthropic soil usage types have been classified in agriculture, grazing, urban area and preserved area. The products generated in shape format, were converted to AscII format and transported to the software metrics analysis for Fragstats landscape. This way, we obtained a database on the humid areas, containing various satellite images of the months subsequent to the rainy season (may, June and July) for these years, was also developed a methodology for identifying wetlands to this roster 1: 150,000 and, finally, the results have been achieved where reveals the predominance of Ciliary/Gallery Forest class between the humid areas in the year 2009 and also, the advancement of agricultural activities on these areas, often disregarding the environmental laws in force. The integrated use of the basic tools of remote sensing and geo-processing proved efficient for this kind of work, producing useful information for better understanding of the process of fragmentation in the area.

Keywords: Wetlands, anthropic use of soil, Caiapó watershed, Goiás state.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização da bacia do rio Caiapó –GO.....	21
Figura 2 –Modelo do relevo da bacia do rio Caiapó–GO.....	22
Figura 3 – Declividades da bacia do rio Caiapó–GO.....	22
Quadro1-Classes de declive na área de estudo.....	23
Figura 4- Solos da bacia do rio Caiapó.....	23
Quadro 2- Classe de solo na área de estudo.....	24
Figura 5- Recortes de imagens Landsat5TM, com a delimitação das áreas úmidas pela classificação por “histograma”.....	27.
Quadro 3 – Detalhe dos dados encontrados na classificação pelo algoritmo “histograma”.....	28
Figura 6 – Gráfico de detalhes da freqüência das classes encontradas em ambas as classificações.....	29
Figura 7-Carta de imagem de amostragem das classes de áreas úmidas do rio caiapó.....	31
Quadro 4 – Chave de classificação das classes de áreas úmidas e uso antrópico.....	32
Tabela 1 – Descrição de cada métrica calculada para as áreas úmidas na bacia.....	34
Quadro 5 – Área média dos fragmentos de cada classe.....	37
Quadro 6 – Percentual de cada classe na paisagem.....	37
Quadro 7 – Número de fragmentos de cada classe.....	38
Quadro 8 – Total de bordas de cada classe.....	38
Quadro 9 – Distância euclidiana média do vizinho próximo entre os fragmentos da mesma classe.....	39
Quadro 10 – Conectividade entre os fragmentos de cada classe.....	39
Quadro 11 – Densidade dos fragmentos de cada classe em 100 ha de paisagem.....	39
Quadro 12– Áreas e quantidade de fragmentos para as classes da bacia do Rio Caiapó em 2009.....	42
Quadro 13 – Classes associadas a Campo Limpo Úmido.....	43
Quadro 14 – Classes associadas a Campo Sujo Úmido.....	43
Quadro 15– Classes associadas à Mata Galeria/ Ciliar.....	44
Quadro 16 – Classes associadas às Várzeas.....	46
Quadro 17 – Classes associadas à Vereda / Buritizal.....	46
Quadro 18 – Classes associadas aos Lagos.....	47
Quadro 19 – Classes associadas aos Rios / Água.....	48
Quadro 20 – Área média dos fragmentos de cada classe.....	50
Quadro 21 – Percentual de fragmento de cada classe na paisagem.....	52
Quadro 22– Número de fragmentos de cada classe.....	52
Quadro 23 – Total de borda dos fragmentos de cada classe na paisagem....	55
Quadro 24 – Distância euclidiana média para o vizinho próximo de cada classe na paisagem.....	56
Quadro 25 – Conectividade dos fragmentos de cada classe na paisagem...	56
Figura 8 – Densidade dos fragmentos de cada classe em 100 ha de	57

paisagem.....	
Figura 9 – Densidade dos fragmentos de cada classe em 100 ha de paisagem sem as análises para o ano 1975.....	59
Quadro 26 – Densidade dos fragmentos de cada classe em 100 ha de paisagem.....	60

SUMÁRIO

Introdução.....	10
Objetivo Geral.....	13
Objetivos Específicos.....	13
Referencial Teórico.....	14
Metodologia.....	20
Capítulo 1- Áreas úmidas da bacia do rio Caiapó - GO no ano de 2009.....	36
Resultado e Discussões.....	36
Considerações Finais.....	40
Capítulo 2 – Áreas úmidas na bacia do rio Caiapó -GO e suas relações com o uso antrópico do solo no ano de 2009.....	41
Resultados e Discussões.....	42
Considerações Finais.....	48
Capítulo 3 - Evolução do uso antrópico do solo para os anos de 1975, 1985, 1995 e 2009 e suas relações com as áreas úmidas na bacia do rio Caiapó.....	49
Resultados e Discussões.....	50
Considerações Finais.....	58
Conclusão Geral.....	60
Referencias Bibliográficas.....	60

INTRODUÇÃO

É notável a intensa movimentação da sociedade em relação à qualidade e à escassez de recursos hídricos. As águas de muitos cursos hídricos, antes considerada inesgotáveis, chegaram a ponto culminante na discussão do retorno a uma situação de recuperação total ou mesmo de equilíbrio, em que não poderão ser e compor de forma natural. Muitas fontes naturais de águas e exauriram pelo mau uso e manejo incorreto destes recursos (WWF, 2006). Em virtude dessa crescente escassez dos recursos naturais, principalmente a água, há necessidade de maior conhecimento a respeito da funcionalidade ambiental das áreas úmidas para fins de gestão ambiental destas.

As áreas úmidas ou *wetlands* constituem ecossistemas complexos influenciados por inundações periódicas ou permanentes, nos quais o lençol freático está frequentemente na superfície ou próximo a esta. De acordo com a Convenção Ramsar, áreas úmidas são as regiões de pântanos, charco, água natural ou artificial, permanentes ou temporárias, águas estagnadas ou correntes, doce, salobra ou salgada, incluindo água marinha com menos de seis metros de profundidade na maré baixa. Posteriormente a referida Convenção ampliou a variedade de habitats de áreas úmidas incluindo rios, lagos e mangues (RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT, 2004).

Em meiotropical, surgem variadas classificações para as áreas úmidas. Ribeiro & Walter (1998) entendem que são os tipos de vegetação que se formam ao longo dos cursos d'água como mata ciliar, mata de galeria, brejos, várzeas, campo limpo úmido, campo sujo úmido como usam presença de murundus e veredas; Lespsch (2002), atribui como aquelas áreas que se formam em locais sujeitos a inundações temporárias ou sob saturação permanentemente dos solos. São critérios diagnósticos dessas áreas a dinâmica hidrológica relacionada às inundações, vegetação ripária e os tipos de solos (hidromórficos, aluviais e orgânicos) (NUNES DACUNHA; JUNK, 2001).

Tendo em vista que as áreas úmidas cumprem importantes papéis, como o de regulador do lençol freático e de colaborador na recarga de aquíferos (RIBEIRO & WALTER, op. cit.), pesquisas referentes à identificação, caracterização e quantificação das mesmas ganham importância para compreensão e manejo desse geoambiente em áreas de Cerrado.

No entanto, estudos sistemáticos relacionados ao tema “áreas úmidas” no bioma Cerrado por meio da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento e, principalmente, com análises geoestatísticas, são escassos.

O levantamento das áreas úmidas no bioma Cerrado constitui um importante estudo de diagnóstico dessas áreas, que têm grande interesse ambiental em virtude de serem consideradas importantes reguladores de fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais e, ainda, por estarem sendo fortemente utilizadas para fins agropecuários e de urbanização.

A atividade agropecuária aparece com grande responsável pela intensa degradação das águas superficiais ou subterrâneas. A Revolução Verde, que começou a ter resultados mais expressivos nas décadas de 1960 e 1970, trouxe ao Brasil um novo alento em relação à produtividade, com grandes esperanças de colheitas fartas e novas tecnologias que propiciaram o domínio de áreas pouco exploradas como, por exemplo, o Cerrado da Região Centro-Oeste. De fato, muitas destas expectativas se realizaram, entretanto, os danos ambientais propiciados a essas áreas, implicaram custos, muitas vezes irreparáveis, como por exemplo, a perda de biodiversidade e a exaustão de vários cursos d'água por assoreamento, além de contaminação.

É importante que se avalie o impacto do uso agropecuário sobre as áreas úmidas do Cerrado. A importância do levantamento e do mapeamento do uso antrópico do solo reside no fato de que esses podem subsidiar análises e avaliações de tendências, quando feitos com base em séries históricas, e, assim, detecta taxas de desmatamento e de conversão, bem como os tipos de uso e as chaves-padrão das mudanças de uso, o que pode auxiliar na tomada de decisões, em termos de planejamento regional ou local, já que pode permitir a projeção de cenários a partir de tendências (BARBALHO, 2010).

Aliado a isso, com o aprimoramento das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, tornou-se possível definir a distribuição espacial das diferentes unidades cartográficas e geo ambientais, considerando a representação da organização espacial dos ambientes dentro do bioma Cerrado. Tais técnicas de sensoriamento remoto se pautam em análises realizadas a partir de alvos espectrais específicos, sendo alguns destes úteis para a identificação das áreas úmidas como, por exemplo, a presença de corpos hídricos e umidade, matéria orgânica no solo, entre outros (MADEIRA NETTO, 2001 e NOVO 2001).

Dada a importância dos estudos de conservação das áreas úmidas para a dinâmica dos ambientes de Cerrado, torna-se imprescindível um levantamento voltado para a identificação e a caracterização das áreas úmidas desse bioma. Nesse contexto de transformação sócio-ambiental, inserem-se as áreas úmidas presentes na bacia do rio Caiapó, no extremo oeste do Estado de Goiás, que constitui o foco deste estudo.

A bacia do rio Caiapó, escolhida como área de estudo, entra como um recorte que reflete a realidade desse bioma, uma vez que está totalmente inserida na sua área. Esta é uma importante sub-bacia da Alta Bacia do rio Araguaia que vem passando por grandes alterações de correntes do processo de uso e ocupação do solo e dos efeitos de técnicas de manejo não adequadas desde a década de 1970(CASTRO et.al,2004). Esta sub-bacia serve,portanto,como excelente exemplo de análise de alteração da paisagem, com foco nas áreas úmidas do bioma Cerrado,decorrentes de mudanças no uso antrópico do solo.

Com a identificação e a classificação das áreas úmidas e do uso antrópico, é possível gerar informações em função de seus diferentes níveis de fragilidades, avanços e espacialidades, que são úteis para subsidiar ações de planejamento e de gestão ambiental.

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi identificar e caracterizar as áreas úmidas na bacia do rio Caiapó, em Goiás, e analisar as implicações do uso antrópico sobre essas áreas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e quantificar as áreas úmidas da bacia do rio Caiapó;
- Classificar os tipos de áreas úmidas encontradas na bacia do rio Caiapó de acordo com seus tipos, dinâmicas e associações;
- Identificar os tipos de uso antrópico do solo em áreas úmidas e entorno;
- Analisar as inter-relações entre o uso antrópico do solo e as áreas úmidas;

- Entender o avanço das áreas de uso antrópico do solo sobre as áreas úmidas, demonstrando a influência das políticas públicas nas configurações da paisagem.

REFERENCIAL TEÓRICO

O bioma Cerrado é o segundo maior bioma do país em extensão territorial - o bioma amazônico é o maior - e abrange como área contínua os estados de Goiás, Tocantins e Distrito Federal, parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo, além de ocorrer também em áreas disjuntas ao norte nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima e, ao sul, e, pequenas “ilhas” no Paraná. No território brasileiro, portanto, as disjunções acontecem na Floresta Amazônica, Floresta Atlântica, Caatinga e Pantanal (EITEN, 1994).

De acordo com Ribeiro & Walter um dos fatores determinantes para a delimitação dos biomas é o clima, pois este determina os tipos de vegetação e de fitofisionomia. A principal característica do clima na região do Cerrado diz respeito à distinção de duas estações bem definidas: uma quente e chuvosa, que vai de outubro a março, e uma seca com períodos de temperatura mais baixa (a temperatura média do mês mais frio é superior a 18° C), classificado como Aw de Köppen (tropical chuvoso ou tropical semi-úmido).

Segundo Nimer (1989) e Campos et al. (2002) as características da pluviosidade na região do Cerrado se devem, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica, atribuindo pouca importância à influência da topografia, que influencia mais consideravelmente as temperaturas. Com uma tendência de uniformidade em todo o bioma (NIMER, op. cit.), a média anual de precipitação varia entre 750 e 2000 mm (Adámoliet al., 1987, apud Ribeiro & Walter, op. cit.) e, segundo Barros (2003), mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita de novembro a março.

Ao contrário das chuvas, as temperaturas sofrem importante influência do relevo, que, por meio das diferenças de altitude observadas na região do Cerrado, faz com que as médias anuais variem entre 20 e 26° C em todo o bioma. Além do relevo, é preciso considerar a continentalidade como um dos fatores que mais influenciam o comportamento espacial da temperatura, visto que, ao impedir a interferência de

influências marítimas, faz com a variação da latitude seja responsável pela temperatura (NIMER, op. cit.).

O Cerrado tem a seu favor o fato de ser cortado por três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Tocantins, São Francisco e Prata), favorecendo a manutenção de uma biodiversidade surpreendente e reforçando grande importância para o abastecimento de águas, pois as nascentes de importantes rios brasileiros estão localizadas nos planaltos da área do bioma e alguns desses são responsáveis, inclusive, pela formação do Pantanal (WWF, 2006).

Considerado um dos hotspots mundiais, juntamente com a Mata Atlântica, o Cerrado é uma das áreas que sofre para manter seus padrões de conservação, devido à sua riqueza biológica e à alta pressão antrópica a que vem sendo submetido há anos, a partir das políticas públicas de desenvolvimento que tiveram início na década de 1970, como por exemplo,

o Polocentro (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), criado em 1975, cujos recursos deram condições para que a Embrapa estudasse, conhecesse e produzisse as inovações técnicas que tornaram o Cerrado brasileiro apto à produção agrícola. Sendo assim, esta pressão se deve ao fato da área do bioma estar relacionada como uma fronteira agrícola e fonte de oportunidades econômicas imediatas (BARREIRA *et al.*, 2011). A fusão do capital público e privado asseguraram condições necessárias à acumulação do capital, o que resultou nas mudanças de relações sociais e na exploração do trabalhador rural. Programas como o Polocentro e o Prodecer incentivaram a modernização do campo e auxiliaram no processo de valorização da terra. Em contrapartida, trouxeram junto com o progresso o ônus do desenvolvimento – a fome e o desemprego. Tais contratemplos fizeram com que o pequeno produtor rural fosse “expurgado” de sua terra, intensificado o processo migratório e a ocupação das cidades (BASTOS *et al.*, 2012). Esses fatores exigiram uma mudança de rumos do Brasil junto a países vizinhos em busca do uso sustentável e do desenvolvimento humano sem a destruição inconsequente de sua fauna e flora.

Estudos apresentados no decorrer deste trabalho comprovam que o bioma Cerrado é uma das regiões de maior biodiversidade do planeta. Estimativas apontam que há no Cerrado mais de 6000 espécies de árvores e 800 espécies de aves, além de grande variedade de peixes e outras formas de vida. Estima-se ainda que mais de 40% das espécies de plantas lenhosas e 50% das espécies de abelhas sejam endêmicas (MMA, op. cit.).

Tendo em vista que as áreas úmidas cumprem importantes papéis, como o de regulador do lençol freático e o de colaborador na recarga de aquíferos (Ribeiro & Walter, op. cit.), pesquisas referentes à identificação, caracterização e quantificação das mesmas ganham importância para compreensão e manejo deste geoambiente em áreas de Cerrado. No entanto, estudos sistemáticos relacionados ao tema “áreas úmidas” no bioma Cerrado utilizando técnicas de sensoriamento remoto acopladas a geoprocessamento e análises estatísticas, são escassos. Em pesquisa bibliográfica encontrou-se trabalhos de caracterização de áreas úmidas realizadas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, como por exemplo, os de Fonseca e De-Campos (2011), Fonseca (2010), França & Sano (2009), Teixeira (2008) e Ferreira (2003). Outros trabalhos

encontrados tratam da importância da conservação das áreas úmidas, como a cartilha “Áreas úmidas de Cerrado: Por que Conservar?”, feita pelo grupo PEQUI (2005), de Brasília, e o Zoneamento Ecológico Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (MME, 2003). Os trabalhos existentes não tiveram como objetivo gerar um inventário completo das áreas úmidas.

As áreas úmidas (*Wetlands*) são ecossistemas naturais cujo substrato sofre inundação periódica ou permanente, o qual se constitui no fator determinante na origem e no desenvolvimento do solo e das suas comunidades vegetais (KEDDY, 2000). Grandes produtoras de alimentos e reservas de biodiversidade, essenciais para a conservação da flora e da fauna específicas, estas áreas destacam-se principalmente pela capacidade na manutenção do regime hídrico dos rios e a perenização dos cursos d'água (DUGAN, 1990). Além disso, destacam-se também por geralmente possuírem altas taxas de produtividade primária e intensa atividade biogeoquímica (BRINSON *et al.*, 1981; MITSH e GOSSELINK, 2000).

Esse conceito de áreas úmidas surgiu na Convenção de Ramsar (Ramsar Convention Bureau, 1990), tratado intergovernamental celebrado no Irã, em 1971, que marcou o início das ações nacionais e internacionais para a conservação e o uso sustentável das zonas úmidas e de seus recursos naturais. Atualmente, 150 países são signatários do tratado, incluindo o Brasil.

As áreas úmidas existem em todos os tipos de ecossistemas e são importantes para a manutenção da biodiversidade. Situadas em uma interface entre a água e o solo, as áreas úmidas são ecossistemas complexos, pressionados não

somente pela ação direta do homem, mas também pelos impactos sobre ecossistemas terrestres, marinhos e de água doce adjacentes.

As áreas úmidas abrigam uma enorme variedade de espécies endêmicas, mas, também, periodicamente, espécies terrestres e de águas profundas e, portanto, contribuem substancialmente para a biodiversidade ambiental. Além disto, têm papel importante no ciclo hidrológico, ampliando a capacidade de retenção de água da região onde se localiza, promovendo o múltiplo uso das águas pelos seres humanos.

Nas áreas úmidas típicas do Cerrado, o lenço freático fica próximo à superfície e a flora durante a estação chuvosa, já durante a estação seca a porção superficial do solo mantém-se seca (EITEN, 2001). Esta condição bastante específica de estresse ambiental ocasionado pelo alagamento sazonal do solo afeta as condições anaeróbicas do solo e, assim, os processos de decomposição da grande quantidade de matéria orgânica acumulada (YAVITT, 1994).

Numerosas classificações para áreas úmidas foram propostas nos Estados Unidos (WILEN & BATES, 1995). As primeiras foram associadas com o uso da terra, principalmente agrícolas, observando os interesses em converter as áreas úmidas em ambientes cultiváveis. A primeira classificação nacional realizada nos Estados Unidos da América foi proposta por Martin et al. (1953), para reunir habitats importantes para as aves aquáticas. Mais tarde, o Canadá (ZOLTAI et al., 1975; TARNOCAI, 1980), a Austrália (PAIJAMANS et al., 1985) e a Convenção de Ramsar elaboraram outras classificações hierárquicas para áreas úmidas.

O Brasil que, por suas dimensões, acolhe uma grande variedade de zonas úmidas importantes - são mais de 5 milhões de hectares de áreas úmidas protegidas (CLARK et al., 2005) - assinou a Convenção de Ramsar em setembro de 1993, ratificando-a três anos depois. Essa decisão possibilita ao país ter acesso a benefícios como cooperação técnica e apoio financeiro para promover a utilização dos recursos naturais das zonas úmidas de forma sustentável, favorecendo a implantação, em tais áreas, de um modelo de desenvolvimento que proporcione qualidade de vida aos seus habitantes (WWF, 2006).

Scott & Carbonell (1986) elaboraram um inventário de áreas úmidas na América do Sul, empregando uma classificação de sistema mais amplo. Esta classificação teve três objetivos: 1 - ter o quadro de base para ações de conservação para as áreas úmidas e aves aquáticas; 2 - para expandir o número de países tropicais que aderissem à Convenção de Ramsar; 3 - a criação de uma rede de pessoas e

instituições responsáveis pela fiscalização de áreas úmidas. Este inventário identificou que cerca de 95% das áreas úmidas inventariadas na América do Sul são pertencentes a seis países, onde o Brasil se destaca como tendo 50% do total de áreas úmidas mapeadas, incluindo o Pantanal (NARANJO, 1995). No entanto, este inventário não é atualizado e não foi feito numa escala de semi-detalle. Neste aparece um pequeno número de áreas úmidas inventariadas (368 áreas), quando comparado a alguns inventários mais recentemente desenvolvidos no Brasil (MALTCHIK et al., 1999; MALTCHIK et al., 2003a; MALTCHIK et al., 2003b).

No Brasil, as variações climáticas e fisiográficas originaram uma grande diversidade de áreas úmidas. As diferenças no tipo de solo, a origem da água, a geologia e a altitude influenciam a composição das comunidades aquáticas em áreas úmidas.

A classificação das áreas úmidas pode ser feita usando diferentes categorias de dados (biológicos, físico-químicos, hidrológicos, etc.), que variam de acordo com as necessidades identificadas pelos gestores, os objetivos dos inventários ou as informações disponíveis (TINER, 1999). O tipo de vegetação tem sido um dos critérios mais usados em sistemas de classificação de áreas úmidas dada a facilidade de identificação das fitofisionomias em imagens de sensoriamento remoto (TINER, op. cit.).

Ainda que o predomínio das fitofisionomias do Cerrado esteja associado as olosbem drenados, encontram-se vários tipos de áreas úmidas associadas a solos mal drenados. Eiten (op. cit.) definiu a vegetação natural do Cerrado e relacionou as áreas úmidas às fitofisionomias de: Floresta de Galeria; Campo Úmido; Campo de Murundus; Brejo Permanente e Vereda.

Os Campos Úmidos frequentemente formam uma faixa horizontal sobre encostas de vales, a qual separa o Cerrado presente no interflúvio da Floresta de Galeria presente no fundo do vale. Esta sequência de tipos de vegetação caracterizada por Cerrado, Campo Úmido, Veredas e Floresta de Galeria compõe uma paisagem característica da região central do Brasil (EITEN, op. cit.). Suas dimensões espaciais são reduzidas em relação às fitofisionomias associadas às áreas secas, cobrindo, portanto, áreas restritas do Cerrado.

Ribeiro & Walter (2008) usam como principal critério para distinção das fitofisionomias de Cerrado a forma (fisionomia), determinada pela estrutura, pelas formas de crescimento predominantes e possíveis mudanças estacionais. Esta associada a aspectos do ambiente (fatores edáficos) e da composição florística. São

descritos onze tipos fundamentais de vegetação para o bioma, separados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre). De todas essas classes, Ribeiro & Walter (op.ct.) apontam como tipos de vegetação sob influência de água a Mata Ciliar e Mata Galeria inundável (formações florestais); parque de cerrado, palmeiral e vereda (formações savânicas); e Campo Sujo Úmido, Campo Sujo com Murundus, Campo Limpo Úmido e Campo Limpo com murundus (formações campestres).

A partir do mapeamento das áreas úmidas e do uso do antrópico do solo, os dados inserem-se e podem ser tratados em ambiente digital para fins de determinação das métricas da estrutura da paisagem - segundo Volotão (1998), Cabacinha (2008), Cabacinha & Castro (2009) e Tenaglia et al (2011). As métricas servem, entre outras finalidades, para a identificação, análise espacial e comportamento temporal de fitofisionomias frente à evolução do uso antrópico do solo. As diversas métricas podem ser classificadas em oito grupos de categorias: métricas de área, de fragmentos, de bordas, de forma, de área central (“core”), de vizinho mais próximo, de contágio e mistura e de diversidade.

As métricas de áreas são as bases do conhecimento da paisagem. São utilizadas por outras métricas e são métricas muito úteis para estudos ecológicos, uma vez que a riqueza e abundância de certas espécies dependem das dimensões dos fragmentos da paisagem para existir. Em geral é muito importante saber quanto de área de uma classe existe na paisagem. Mas a aplicação depende das espécies. Por exemplo, para pássaros a fragmentação do terreno pode não afetar tanto negativamente quanto para grandes vertebrados, que podem ter problemas de deslocamento, dependendo dos tipos de fragmentos presentes.

Conforme Carrão et al., (2001), as métricas ou indicadores de paisagem vêm, então, ao longo dos anos ganhando maior atenção, pois ajudam a compreender a estrutura complexa da paisagem e a forma como esta influencia determinadas relações ecológicas. Uma vantagem da aplicação das métricas em estudos da paisagem deve-se ao fato de que elas são capazes de minimizar os esforços para a aquisição de informações de campo relacionadas à estrutura da paisagem, utilizando para tal as ferramentas de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas (Soares Filho, 1998).

As métricas de fragmentos não representam medidas explicitamente espaciais, mas, pode-se considerar que representam a configuração da paisagem. As informações desta categoria são importantes para caracterizar os fragmentos (número de fragmentos, tamanho médio, densidade, variação etc.). Estas métricas permitem que se ordene a distribuição espacial das áreas identificadas por grau de fragmentação, heterogeneidade de fragmentos, ou outros aspectos relacionados aos fragmentos na paisagem.

As métricas de borda representam a configuração da paisagem, ainda que não explicitamente. Vários fenômenos ecológicos se caracterizam pela quantidade total de bordas, e a informação sobre as bordas (que pode caracterizar pelo padrão espacial o *efeito de borda*) é, conforme os estudos mais recentes, um importante aspecto estudado pelos investigadores ecológicos.

As métricas de vizinho mais próximo são métricas que se baseiam na distância de vizinho mais próximo nos três níveis, de fragmento, classe e paisagem. Vizinho mais próximo é definido como a distância de um fragmento para o fragmento que está à sua volta, sendo do mesmo tipo, e baseado na distância borda-a-borda. Estas métricas quantificam a configuração da paisagem. A proximidade entre os fragmentos é importante para os processos ecológicos, e tem implícito em seus resultados o grau de isolamento dos fragmentos.

METODOLOGIA

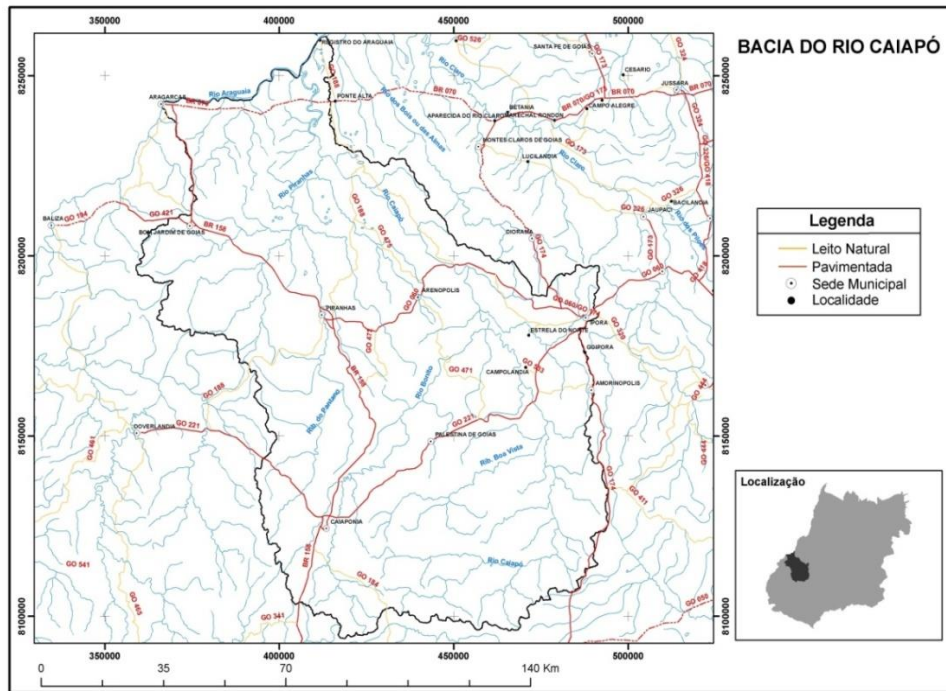
Localização da bacia do rio Caiapó

Abaciado rio Caiapó, alvo desta pesquisa, corresponde a um dos principais tributários da margem direita do rio Araguaia, lado goiano, possuindo também as maiores áreas de contribuição, com maior diversidade pedológica e geológica (Silva, 2009). Dentre os cursos d'água mais importantes presentes na bacia estão o rio Piranhas, o rio Bonito, o ribeirão do Pântano e o ribeirão Boa Vista (Figura 1).

A bacia está localizada na porção oeste do estado de Goiás, fazendo divisa com o estado de Mato Grosso, e possui 12.890 Km², que abrangem 11 municípios, sendo 3 deles em sua totalidade (Piranhas, Arenópolis e Palestina de Goiás) e o outros em apenas algumas porções, caso de Aragarças, Amorinópolis, Bom Jardim de Goiás,

Caiapônia, Diorama, Iporá, Ivolândia e Montes Claros de Goiás. A Figura 1 mostra a localização da bacia no estado de Goiás.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia do rio Caiapó – GO.



Geologicamente, a bacia do Rio Caiapó assenta-se principalmente sobre formações areníticas, que somadas compreendem a mais de 50% da área: Formação Aquidauana, Formação Furnas e a Formação Ponta Grossa. Os Neos solos Quartzarênicos se desenvolveram principalmente sobre a Formação Aquidauana (período geológico Neocarbonífero) pertencente ao Grupo Itararé, que é caracterizada por espesso pacote sedimentar com litologias essencialmente arenosas de origem fluvial e diamictitos de provável origem glácio-marinha, constituindo três grupos litológicos (arenitos conglomeráticos a muito finos; arenitos muito finos a siltitos; e diamictitos).

Em relação aos aspectos geomorfológicos, a área da bacia do Rio Caiapó encontra-se sobre a unidade de relevo denominada de Planalto dos Guimarães (Alcantilados), sendo separado do Planalto Setentrional pelo front da cuesta do Caiapó. Ele representa a depressão periférica desta referida cuesta e mantém, ao norte, contato com a Depressão do Araguaia (MAMEDE et al., 1983).

O relevo é suave a suave ondulado com predomínio de vertentes convexas e planas, apresentando rampas longas com baixas declividades, dominando as classes de 0 a 6% (Figura 2, 3 e Quadro1). Essa situação é comum em áreas de Nessoilos Quartzarênicos e favoreceria a conservação dos solos, desde que os mesmos fossem preservados ou utilizados em acordo com suas limitações edáficas e hídricas.

Figura 2 - Modelado do relevo da bacia do rio Caiapó.

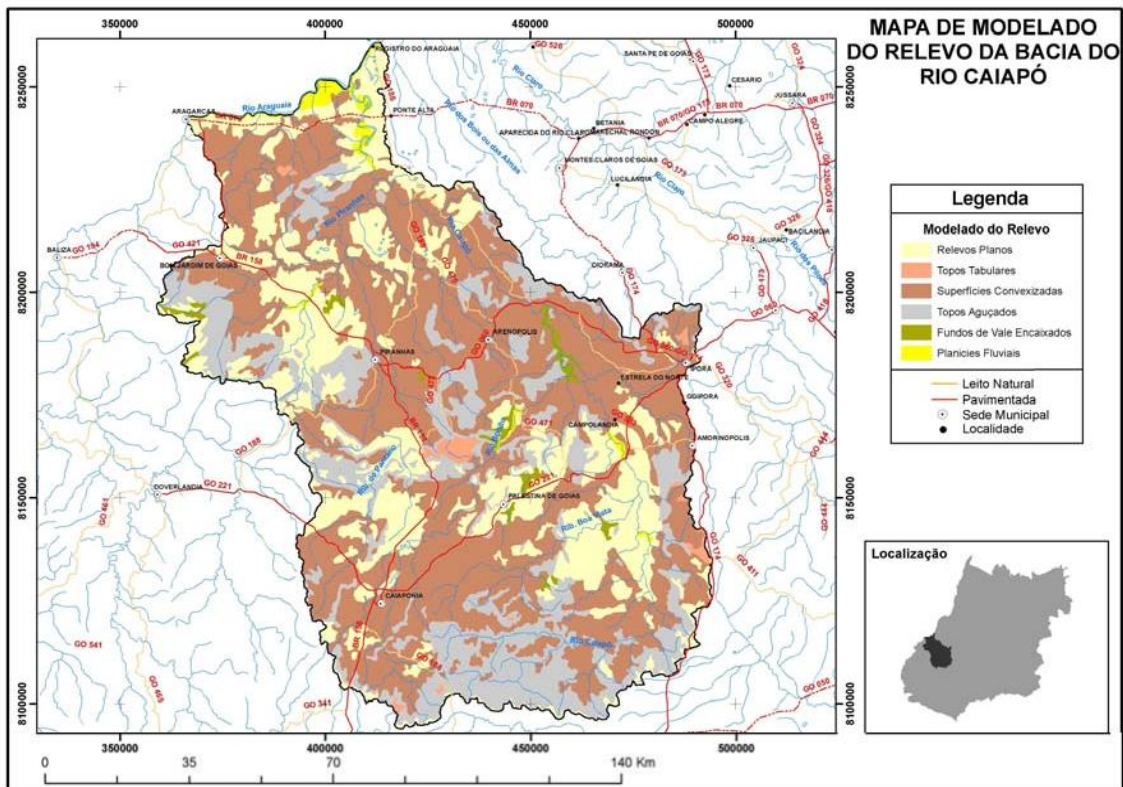
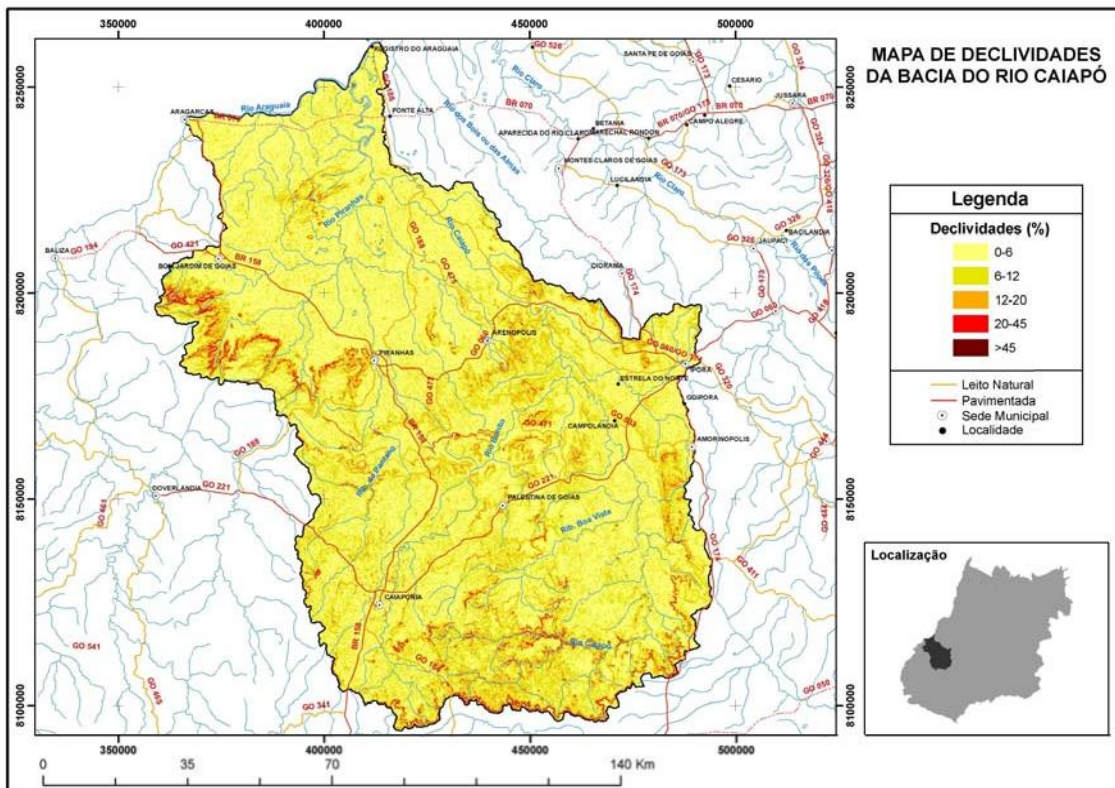


Figura 3 - Declividades da bacia do rio Caiapó.

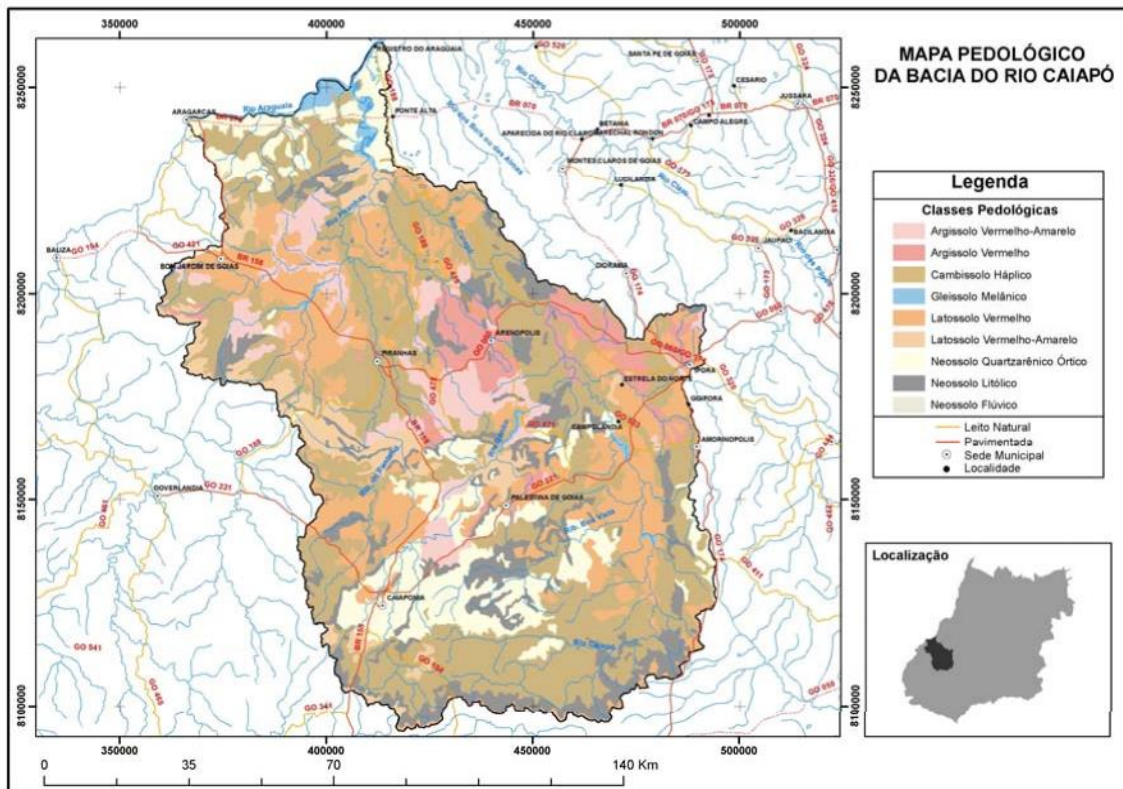


Quadro1. Classes de declive na área de estudo.

Classes(%)	Área (%)	Área (Km ²)
0-3	28,08	3612,32
3-6	37,78	4859,71
6-12	25,44	3272,00
12-20	6,94	893,77
20-45	1,73	223,52
>45	0,003	0,41
TOTAL	100,00	12861,74

Os Cambissolos juntamente com os Neossolos Litólicos são dominantes na bacia, perfazendo um total de 48,7% (Figura 4 e Quadro2), encontrados respectivamente nos relevos mais movimentados e nas encostas mais íngremes que constituem as escarpas dessa superfície. Os Latossolos Vermelho são encontrados nos topos, em relevos planos (18,8% da área), seguido pelos Neossolos Quartzarênicos (12,7%) localizado principalmente nas zonas rebaixadas, Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelo (12%) nos relevos convexizados, os Gleissolos e os Neossolos Flúvicos ligados aos cursos fluviais da bacia.

Figura 4 - Solos da bacia do rio Caiapó.



Quadro 2. Classes de solo na área de estudo.

ClassesdeSolos	Área (%)	Área (Km ²)
Cambissolo	38,00	4.887
Latossolo Vermelho	18,78	2.415
NeossoloQuartzarênico	12,69	1.632
NeossoloLitolico	10,76	1.384
Argissolo Vermelho-Amarelo	6,99	899
Latossolo Vermelho-Amarelo	6,33	814
Argissolo Vermelho	5,29	680
Gleissolo	1,08	139
NeossoloFlúvico	0,10	13
TOTAL	100,00	12.862

Tratamento das Imagens

A metodologia desenvolvida para este trabalho teve início com o levantamento de material cartográfico a respeito das áreas úmidas e suas especificidades, e simultaneamente a esse levantamento, foram adquiridas as imagens para a etapa de identificação destas áreas. Todas as imagens seguem um padrão de datas, sendo elas rigorosamente dos meses de abril, maio e/ou junho, pois são os meses imediatamente posteriores ao período chuvoso da região central do país e adequados para fins de mapeamento de áreas úmidas e uso do solo.

As imagens utilizadas foram referentes aos anos de 1975, 1985, 1995 e 2009, obtidas por meio dos satélites *Landsat1* MSS(1975) e *Landsat 5* TM (todas as demais). Foram escolhidos esses anos como referência levando em consideração diferentes fatores. A começar do ano de 1975, escolhido devido ao melhor índice de qualidade e aproveitamento das imagens do satélite *Landsat1* MSS, além de refletir o início do processo de conversões da paisagem, provocado pelos programas de desenvolvimento iniciados na década de 1970 - Polocentro, Prodecer, entre outros (BASTOS *et al.*, 2012). A partir desse ano base, procurou-se estabelecer uma margem temporal de dez (10) anos, possibilitando perceber as mudanças espaciais da região. O ano de 2009, escolhido como última referência temporal, foge ao padrão sequencial de dez (10) anos devido ao interesse em tratar esta análise de forma mais atual possível.

Todas as imagens usadas foram georreferenciadas e mosaicadas com o emprego do software *ENVI*, e segmentadas e classificadas com o software *Spring* para identificação das áreas de interesse. Para que se conseguisse abranger toda a área da bacia do rio Caiapó foram utilizadas três cenas *Landsat5* TM, sendo elas de

órbita/ponto 223/71, 223/72 e 224/71 e 4 cenas *Landsat1* MSS, para o levantamento do ano de 1975, de órbita/ponto 239/071, 239/072, 240/071 e 240/072.

Com as imagens georreferenciadas, a etapa seguinte correspondeu à extração de informações referentes às áreas úmidas. Desta forma, com o uso do software *Spring*, efetuou-se o processo de segmentação, por meio do método de “crescimento de regiões”. Neste processo, dividiu-se a imagem em regiões que deveriam corresponder às áreas de interesse da aplicação, entendendo-se por regiões um conjunto de "pixels" contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade.

No processo de segmentação por “crescimento de regiões” cada pixel foi rotulado como uma região distinta. A partir daí, calculou-se um critério de similaridade para cada par de regiões adjacentes espacialmente, baseando-se em um teste de hipótese estatístico que avaliou a média entre as regiões. Em seguida, dividiu-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então se procedeu à união entre elas, segundo um limiar de agregação definido (CÂMARA, 1996). No presente trabalho, para o processo de segmentação da imagem, foi utilizado índice de similaridade igual a 5 e um limiar de agregação, a área mínima em pixels, igual a 625.

Para determinar este limiar de agregação foi necessário delimitar a escala de trabalho a partir da imagem selecionada. Assim, foi adotada, primeiramente, a resolução espacial das imagens *Landsat* MSS e TM, 80 e 30 metros respectivamente, como a precisão gráfica do mapeamento a ser efetuado.

A título de esclarecimento, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006), “precisão gráfica” é a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada em desenho em uma determinada escala, e, de acordo com Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2010), a “resolução espacial” de um sensor mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos. Assim, uma resolução de 30 metros implica que objetos distanciados entre si a menos que 30 metros em geral não serão discriminados pelo sensor. Para o IBGE (op. cit.), a experiência demonstra que o menor comprimento gráfico que se pode representar em um desenho é de 1/5 de milímetro ou 0,2 mm, sendo este o erro admissível.

Com base nesse critério, para as imagens *Landsat* TM, adotando a resolução espacial como sua precisão gráfica, teríamos a relação cartográfica de 0,2 mm para cada 30 metros no terreno, o que levaria a uma proporção de cada centímetro no mapa

equivalendo a 1500 metros no terreno, ou seja, uma escala de 1:150.000 para as imagens *Landsat TM*.

Desta forma, ao chegar à escala de trabalho determinada, foi possível determinar o limiar de agregação para a segmentação, ou seja, sua área mínima em pixels. Este parâmetro foi estabelecido a partir do *Manual Técnico de Uso da Terra* (IBGE, op. cit.), que considera necessário, para a definição do tamanho da menor unidade de área mapeável, observar algumas premissas, tais como sua legibilidade na escala do mapeamento, sua capacidade para representar as características essenciais do terreno, atendendo à escala e aos propósitos do levantamento, bem como a relação entre os custos operacionais e o fornecimento da informação desejada da cobertura terrestre. Também considera-se necessário levar em conta a escala de compilação dos dados e a escala final de apresentação.

A partir dessas questões, o IBGE (op. cit.) assume ser adequado representar a menor área mapeável por meio de uma área de 5 mm x 5 mm no mapa. A relação entre a menor área mapeada e a área real do terreno está, assim, vinculada à escala utilizada. Por esta razão, na escala encontrada, 1:150.000, 5 mm x 5 mm no mapa corresponderia a 750 x 750 metros no terreno. Em pixels do sensor *Landsat TM* correspondendo a 25 x 25 pixels, obtendo assim 625 pixels como o limiar de agregação, a área mínima para a segmentação.

Após a etapa de segmentação, foram feitas as classificações na imagem, ainda no software *Spring*. Entende-se por “classificação” o processo de extração de informações em imagens com o intuito de reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os métodos de classificação são usados para mapear áreas da superfície terrestre que apresentam um mesmo significado em imagens digitais. Classificadores por regiões (utilizados neste trabalho) utilizam, além de informação espectral de cada "pixel", a informação espacial que envolve a relação entre os "pixels" e seus vizinhos (KÖRTING, 2006).

Os classificadores por “regiões” procuram simular o comportamento de uma interpretação visual, ao reconhecer áreas homogêneas de imagens, baseados nas propriedades espectrais e espaciais de imagens. A informação de borda é utilizada, inicialmente, para separar as regiões e as propriedades espaciais e espectrais que irão unir áreas com mesma textura (KÖRTING, op. cit.).

Para a classificação foi utilizado o método não-supervisionado “histograma”, presente no software *Spring*. O “histograma” corresponde a um algoritmo de

agrupamento (*clustering*) de dados não-supervisionados, aplicado sobre um determinado conjunto de regiões, caracterizado por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância e área (CÂMARA, op. cit.).

Um algoritmo de *clustering* não supõe conhecimentos prévios da distribuição de densidade de probabilidade dos dados. Este algoritmo utiliza atributos texturais das regiões de uma imagem segmentada para efetuar a classificação por regiões. Assim, as medidas texturais usadas pelo algoritmo “histograma” são a mediana, o desvio médio absoluto, a entropia e a energia (INPE, op. cit.). Com base nestas características descritas, determinou-se a criação de 50 classes não-supervisionadas para as imagens.

Para determinação desta classificação, foi avaliada a capacidade do algoritmo em discriminar e separar corretamente as áreas úmidas, tanto a partir da avaliação dos polígonos gerados quanto da utilização de dados coletados em campo.

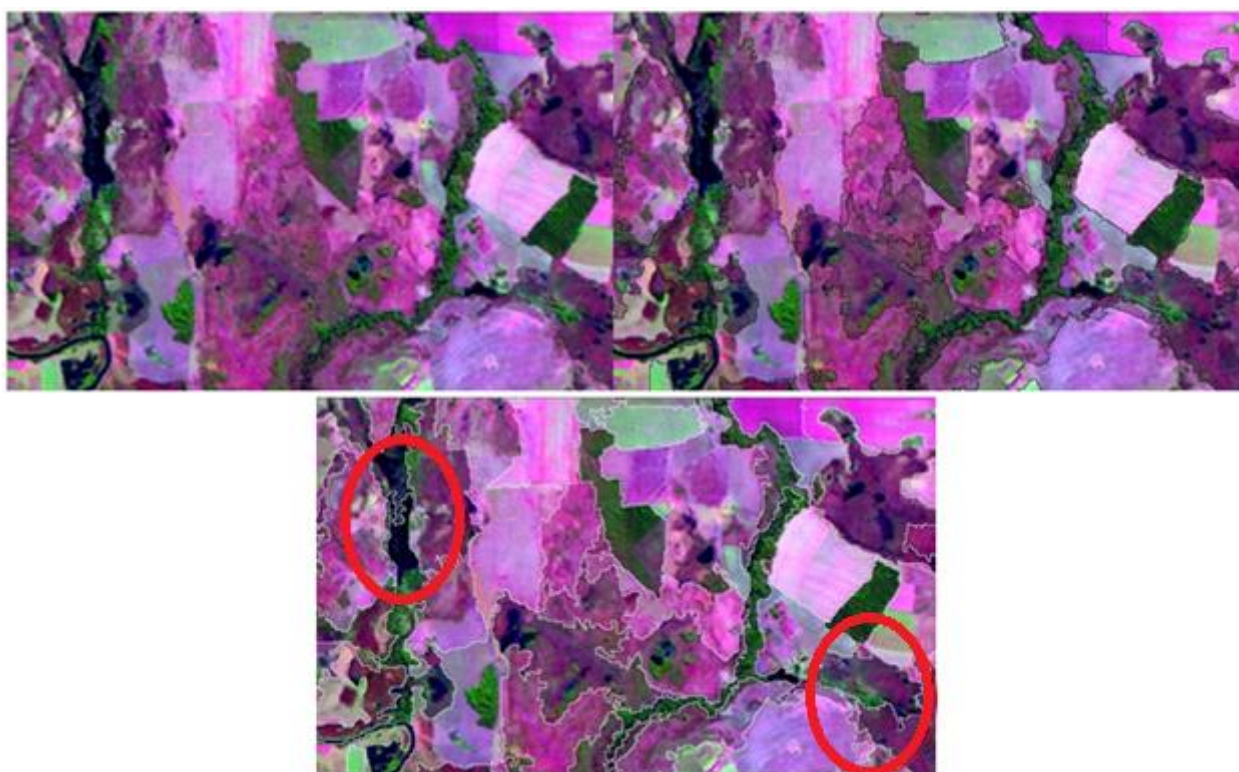
Cabe lembrar que as verificações de campo foram realizadas antes dos processamentos, nos municípios de Piracanjuba, Morrinhos, Bela Vista de Goiás e Goiatuba, localizados na porção sul do estado de Goiás, durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2008. O fato de o trabalho de campo ter sido realizado fora da bacia do Caiapó não compromete a pesquisa, pois a região onde esse foi feito é de Cerrado e apresenta as mesmas características fitofisionômicas da área de estudo.

Nessa etapa, foram coletados pontos de coordenadas, por meio do uso de receptores GPS de navegação, para as áreas úmidas classificadas. Estes pontos foram relacionados à classificação efetuada, a fim de comparação com as classes determinadas e os polígonos gerados. Assim, os pontos coletados foram determinantes no processo de validação das classificações obtidas pela imagem *Landsat5* TM.

A classificação por “histograma” apresentou alguns resultados importantes, principalmente na distribuição das classes, o que levou, também, à supressão de alguns polígonos e limites estabelecidos na segmentação.

Em relação aos polígonos delimitados, a classificação por “histograma” demarcou com maior fidelidade as áreas úmidas na imagem classificada. Esta demarcação está mais bem representada na Figura 5.

Figura 5 – Recortes de imagem Landsat5TM, com a delimitação das áreas úmidas pela classificação por “histograma”.

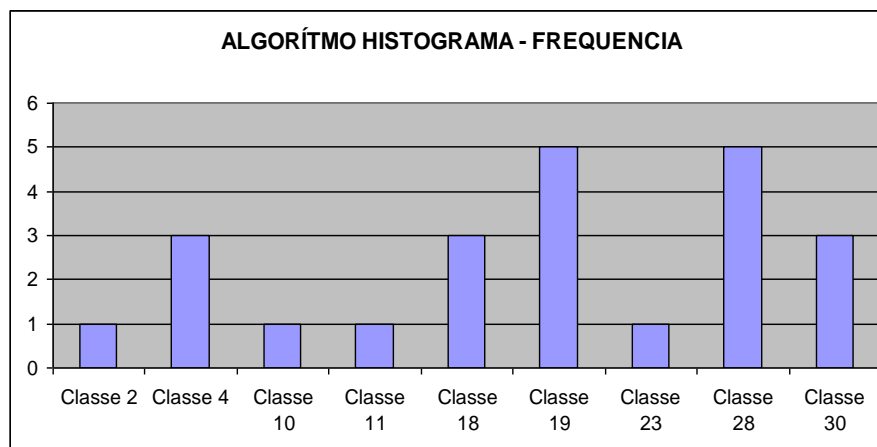


Com relação aos dados coletados em campo, pode-se observar que os pontos, 25 ao todo, foram coletados em áreas de florestas de galeria de solo úmido, ao longo de 4 municípios ao sul do estado de Goiás, conforme mencionado anteriormente. Foram avaliados, em relação aos pontos colhidos, os seguintes aspectos: a quantidade de polígonos gerados, o número de classes encontradas, e a frequência destas classes nos polígonos gerados. O quadro 3 e a figura 6 abaixo mostram os valores encontrados.

Quadro 3 – Detalhe dos dados encontrados na classificação pelo algoritmo “histograma”

Algoritmo	Pontos Colhidos	Polígonos encontrados	Número de Classes
Histograma	25	23	9

Figura 6 - Gráfico de detalhe da frequência das classes encontradas em ambas as classificações.



O quadro e o gráfico acima revelam que foram encontrados 23 polígonos para os 25 pontos no algoritmo e que o número de classes foi de 9. Isso mostra que com um menor número de classes encontradas, para os pontos colhidos, a classificação por “histograma” apresentou uma melhor homogeneidade na classificação para as áreas úmidas. Homogeneidade esta que se evidencia na frequência da distribuição destas classes nos 23 polígonos delimitados em cada classificação. No algoritmo “histograma”, as duas classes mais frequentes, das nove (9) encontradas, somam praticamente 50% dos polígonos. Esta homogeneidade nas classes, associada a uma boa delimitação dos polígonos, se torna de suma importância em um processo de classificação haja vista as confusões entre as classes, melhorando assim a caracterização destas feições.

Identificação das classes

Para a identificação dos tipos de áreas úmidas e de uso do solo, foram necessários a escolha e o agrupamento de classes que melhor respondiam perante o tratamento com as imagens *Landsat*. Desta forma, foram separadas previamente sete classes, identificadas como fisionomias de áreas úmidas – tendo para isso o apoio da classificação proposta por Ribeiro & Walter (op. cit.) – e outras quatro para os demais tipos de uso do solo, baseados em Faria (2011). Com base nesses critérios, as classes de áreas úmidas selecionadas foram as seguintes:

1. Campo Limpo Úmido – Esta classe associa as fitofisionomias campo limpo úmido e campo limpo com murundus. São fitofisionomias predominantemente

2. herbáceas, com raros arbustos, com presença de lençol freático alto, diferentes graus de umidade, fertilidade e profundidade do solo. Em áreas onde podem ser observados microrelevos mais elevados, têm-se os murundus. São classificadas como formações campestres de acordo com Ribeiro & Walter (op. cit.).

3. Campo Sujo Úmido – Além da própria fitofisionomia do campo sujo úmido, assim como no campo limpo úmido, o campo sujo com murundus foi incorporado a esta classe, além do parque de cerrado. O campo sujo com murundus é um tipo fitofisionômico exclusivamente herbáceo-arbustivo, com arbustos e subarbustos esparsos encontrado em solos rasos, profundos de baixa fertilidade ou, eventualmente, em pequenos afloramentos rochosos. Os campos sujos com murundus são mais facilmente encontrados do que os campos limpos com murundus. O parque de cerrado segue características semelhantes, porém com árvores mais altas, com média de três a seis metros e formam uma cobertura arbórea de 5% a 20% associada a solos hidromórficos. Pertencem também à classe de formações campestres de acordo com Ribeiro & Walter (op. cit.).

4. Mata Galeria/Ciliar – Esses dois tipos de vegetação foram agrupados por possuírem como principal característica o fato de acompanharem os cursos d'água, se tornando possíveis de agrupar graças ao método de classificação por histograma adotada e explicada anteriormente. No caso das matas de galeria, acompanham rios de pequeno porte, principalmente, com o dossel das arvores cobrindo os leitos, formando corredores fechados. As matas ciliares não formam esses corredores por acompanharem rios de médio e grande porte. Ambas são classificadas como formações florestais, também por Ribeiro & Walter (op. cit.).

5. Várzeas – De acordo com Kuhlmann *et al.* (1994 *apud* Walter, 2006) as várzeas apresentam fisionomia arbustiva-herbácea sempre verde. Martius (1943) define como vegetação mais modesta, suave, localizadas em baixadas úmidas; áreas de aspecto alagadiço, brejos, com solos hidromórficos.

6. Vereda/Buritizal – Nesta classe foram agrupadas às veredas fitofisionomias como o palmeiral, o macaubal, o guerobal, o babaçual e o buritizal, sendo todas classificadas como de formação savânica (RIBEIRO & WALTER, op. cit.). Todas essas classes possuem semelhanças como o tipo arbóreo e a proximidade dos campos limpos (normalmente úmido). Entretanto, optou-se por essa nomenclatura pelo fato de veredas e buritizais possuírem ligação mais direta aos ambientes úmidos, tendo como principal diferença entre essas duas classes a formação de dossel por parte dos buritizais, diferença essa, na maioria dos casos, indiscriminável pelas imagens *Landsat*.

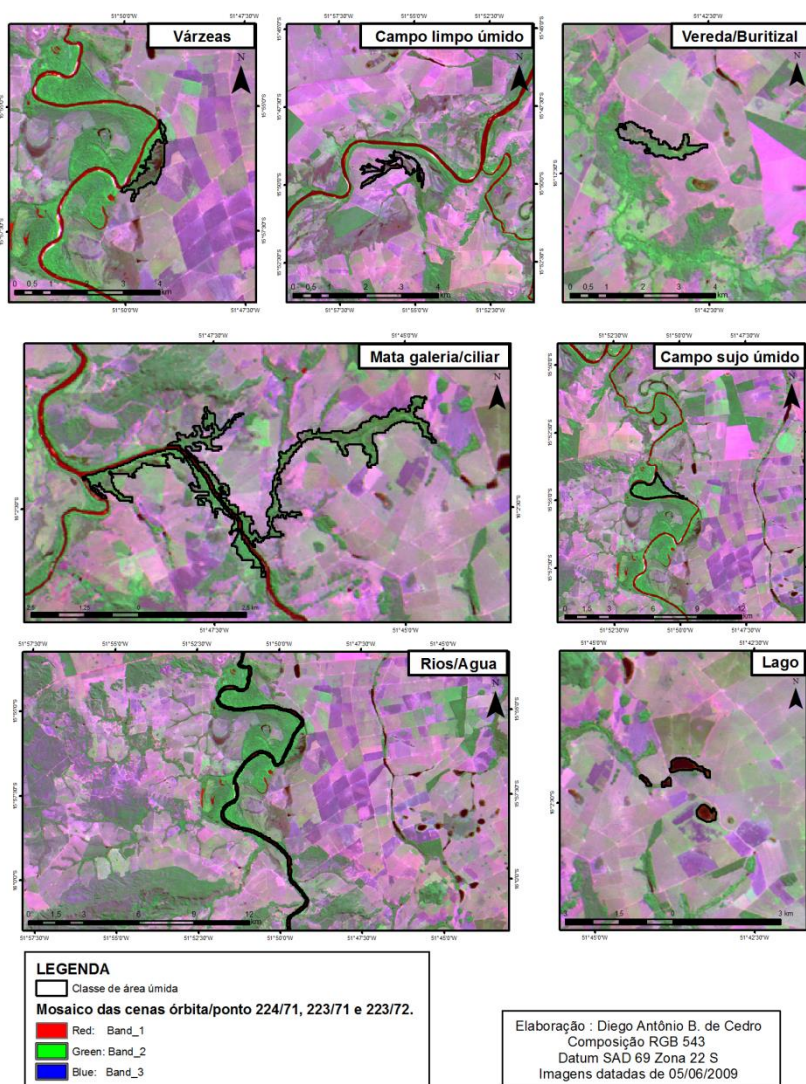
7. Lagos – Corpos hídricos naturais e antrópicos foram enquadrados nessa classe, desde que, possuam características de represamento ou pouca movimentação hídrica. Desta forma, lagos, lagoas, barramentos, pequenas represas e tanques de grande porte correspondem à referida classe.

8. Rios/Água – Drenagens possíveis de serem observadas por não estarem cobertas pelo dossel da vegetação de mata de galeria. Assim sendo, somente os rios de maior largura entre as margens foram passíveis de classificação e associados a esta classe.

Para demonstrar os padrões apresentados por cada classe fitofisionômica de áreas úmidas descritas acima, foi elaborado uma carta imagem síntese com a amostragem cada classe coletado a partir de imagens *Landsat5* TM, representado a seguir na figura 7:

Figura 7 – Carta imagem de amostragem das classes de áreas úmidas do rio Caiapó – GO.

Carta Imagem das classes de áreas úmidas da bacia do rio Caiapó - GO



Dando sequência a essa etapa de descrição das fitofisionomias e corpos hídricos agrupados, seguem as quatro classes determinadas como “não úmido”, nas quais estão identificados alguns tipos de uso antrópico do solo, além dos remanescentes de vegetação alheios à presença de água. São elas:

- Agricultura – Áreas agrícolas dentro da bacia, facilmente identificadas através da *Landsat* devido ao manejo do solo.
- Pastagem – São áreas que requerem certo cuidado na identificação, pois se confundem facilmente com áreas de campo sujo úmido. Para evitar erros, devem-se verificar as áreas circunvizinhas.
- Áreas Urbanas – Consistem nas áreas de perímetro urbano presentes dentro da bacia.
- Áreas Preservadas – Esta classe engloba todas as fitofisionomias de Cerrado que não tem associação com ambientes úmidos e podem estar presentes na bacia: mata seca, cerradão, cerrado denso, cerrado restrito, cerrado ralo, cerrado típico, cerrado rupestre, campo limpo seco e campo sujo seco. Ainda estão contidas nessa classe as áreas de relevo acidentado, com rocha exposta.

Definidas as classes a serem classificadas, buscou-se uma aproximação entre as características e a resposta espectral que cada classe teria na imagem *Landsat5* TM e na MSS. Sendo assim, baseando-se nas análises de campo já mencionadas e em trabalhos que desenvolveram metodologias de identificação de fitofisionomias de cerrado e de uso antrópico do solo (FLORENZANO, 2002; FERREIRA, 2003; FARIA, 2006 e 2011; BONNET, 2007) foi aprimorada uma chave de classificação para cada uma das classes de áreas úmidas e de uso antrópico, exposta a seguir, no Quadro 4:

Quadro 4: Chave de classificação das classes de áreas úmidas e uso antrópico.

Classes de Uso	Características			
	Textura	Tonalidade	Porte	Aspectos Relacionados
Campo Limpo Úmido	Lisa, homogênea	Arroxeadado/ preto	Baixo	Cursos d'água
Campo Sujo Úmido	Lisa, heterogênea	Verde claro	Baixo	Cursos d'água

Mata Galeria/Ciliar	Homogênea/aveludada	Verde médio	Médio/Alto	Fundos de Vale; cursos d'água; polígonos estreitos, seguindo os cursos
Várzeas	Homogênea, Lisa	Verde Claro	Baixo	Fundos de Vale; cursos d'água
Veredas/Buritizal	Heterogênea, Fina e aveludada	Verde Claro/Médio	Oscilante	Fundos de Vale; cursos d'água; Associação entre vegetação de alto porte e planícies de inundação
Lago	Lisa	Cinza escuro a preto	-	Áreas rebaixadas e fundos de vale; formas geométricas irregulares
Rios/Água	Lisa	Cinza escuro a preto	-	Áreas rebaixadas e fundos de vale; Grandes corpos d'água represados
Agricultura	Fina; aveludada e granular.	Rosa; verde claro.	Rasteiro	Formas geométricas; carreadores/pivô; Aspecto 'escovado'
Pastagem	Fina/homogênea/aveludada	Clara com algumas variações	Baixo	Formas geométricas, trilhas/arvores isoladas.
Área Urbana	Grossa	Cinza claro e médio	-	Formas geométricas/arruamentos
Área Preservada	Grossa	Verde Médio/Escuro	Médio/Alto	Relevo movimentado, relativamente distantes de copos d'água

Desta forma, o passo seguinte correspondeu à fase de edição topológica, com a separação e a correção dos polígonos gerados. Cada classificação foi separada e convertida para o formato “*shp*” (*shapefile*), no software *ArcGis*. Esta etapa foi toda gerada com base na chave de classificação mencionada e feita de forma criteriosa para cada polígono gerado na área da bacia, com rigorosa inspeção visual.

Os arquivos *shapefile* criados seguiam com duas colunas-base em suas tabelas de atributos: Tipo e Classe. Na coluna “Tipo” é designado se o polígono analisado tem característica de “úmido” ou “não úmido” e na coluna “Classe” aponta-se em qual das classes de área úmida ou de uso antrópico o polígono pertence, assim como foi descrito em detalhes anteriormente.

Preparo, seleção e aplicação das métricas de paisagem

Ao final do processo de classificação, os resultados – em formato *.shp* – foram convertidos para o formato *raster* novamente e em seguida, convertidos para o formato *ASCII*, que é um formato de geoinformação por algarismos numéricos, prontos para serem direcionados ao software *Fragstats* para o processo de quantificação de paisagem.

O software *Fragstats* versão 3.3 gera, a partir de cada imagem classificada, tabelas com todos os dados do alvo pretendido. Para essa análise foram geradas as métricas de área da classe (*AREA_MN*), a porcentagem de fragmentos (*PLAND*), número de fragmentos (*NP*), distância euclidiana média do vizinho mais próximo (*ENN_MN*), conectividade física dos fragmentos (*COHESION*), densidade de fragmentos (*PD*) e o total de bordas (*TE*). Essas métricas foram escolhidas mediante análise do que cada uma delas representa para o estudo da temática de áreas úmidas. A obtenção dessas análises permitiu julgar o comportamento espacial das áreas úmidas nas áreas da bacia do rio Caiapó nos diferentes anos. A seguir, a tabela 1 apresenta cada métrica e suas descrições.

Tabela 1 – Descrição de cada métrica calculada para as áreas úmidas na bacia.

Métrica	Categoria	Descrição
AREA_MN	Área/densidade/borda	Representa a área (ha) do maior fragmento em cada classe.

PLA ND	Área/densidade/borda	Porcentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem.
NP	Área/densidade/borda	Número de fragmentos da classe.
ENN _MN	Isolamento/Proximidade de vizinhança	Distância Euclidiana média do vizinho mais próximo é igual à distância média entre todos os fragmentos da classe até seu fragmento vizinho mais próximo.
COH ESIO N	Conectividade	Coesão é igual a 1 menos a soma do perímetro do fragmento (em termos de números de células da superfície) dividido pela soma do perímetro do fragmento vezes a raiz quadrada de sua área (em termos de número de células) para fragmentos correspondentes a mesma classe, dividido por 1 menos 1 sobre a raiz quadrada da área da paisagem (em termos de número de células), multiplicado por 100 para converter para porcentagem.
PD	Área/densidade/borda	Densidade de fragmentos é o número de fragmentos da classe em 100 hectares da paisagem.
TE	Área/densidade/borda	Total de bordas é a soma de todas as bordas da classe.

Com essas análises de métricas definidas, os dados foram separados da seguinte forma para discussão de resultados e conclusões, que serão apresentados, nos Capítulos 1, 2 e 3, respectivamente:

- Análise 1 – As áreas úmidas da bacia do rio Caiapó - GO no ano de 2009. Nessa análise são abordadas somente informações das áreas úmidas da bacia do rio Caiapó. Sendo assim, são observadas e analisadas a distribuição espacial, a densidade de cada classe, o número de cada fragmento, além de outras discussões mais detalhadas como a seguir, abordando exclusivamente as áreas úmidas.

- Análise 2 – As áreas úmidas na bacia do rio Caiapó - GO e suas relações com o uso antrópico do solo no ano de 2009. Para esta análise, foram utilizadas para geração dos dados somente ferramentas do software *ArcGis*. Foram separadas cada uma das classes de áreas úmidas, posteriormente ampliou-se o tamanho de cada polígono em 5 metros de raio com a ferramenta *Buffer* e, por fim, foi aplicada a ferramenta *Intersect*. Com esta ferramenta, que separa polígonos que se interseccionam entre dois ou mais *shapefiles* (neste caso, as classes de área úmida separadamente e a área da bacia classificada do ano de 2009), foi possível identificar quais são as classes limítrofes de cada tipo de área úmida. Assim, as discussões ocorrem em torno da ligação das áreas úmidas com as classes de uso antrópico do solo

e com outros tipos de áreas úmidas, analisando quais são os tipos de usos do solo que exercem maior influência nas áreas úmidas, buscando estabelecer um padrão de avanço da antropização sobre estas áreas.

- Análise 3 – Evolução do uso antrópico do solo e suas relações com as áreas úmidas na bacia do rio Caiapó, Goiás. Ao analisar os tipos de usos do solo para os anos de 1975, 1985, 1995 e 2009, observou-se o comportamento de cada classe de uso antrópico do solo nesse período, buscando explicações para as mudanças na distribuição das classes adotadas nas políticas públicas para desenvolvimento na área da bacia e a influência disso sobre cada tipo de área úmida, com atenção especial aos seus respectivos comportamentos espaciais.

Todos os dados adquiridos e gerados durante a pesquisa foram armazenados no Laboratório de Geologia e Geografia Física – LABOGEF – e estarão disponíveis para pesquisa e observação no SIG do LABOGEF, hospedado no site <http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef>.

ANÁLISE 1 - ÁREAS ÚMIDAS DA BACIA DO RIO CAIAPÓ – GO NO ANO DE 2009

Este primeiro capítulo abordará somente informações das áreas úmidas da bacia do rio Caiapó. Campo limpo úmido, campo sujo úmido, mata galeria/ciliar, várzeas, vereda/buritizal, lagos e rios/água são observados e analisados conforme suas respectivas distribuições espaciais, tamanho, a densidade de cada classe, a quantidade de cada fragmento por classe, distância para um vizinho de mesma classe mais próximo, conectividade entre elas mesmas e o total de bordas, além de outras discussões comparativas, especificamente para o ano de 2009, reforçando o interesse de demonstrar o padrão mais próximo do atual para essas classes.

Discussões da metodologia e dos dados gerados.

Ao observar o Quadro 5, nos quais se apresenta a área média de cada fragmento, percebe-se que a maior média é a das áreas de mata galeria/ciliar na bacia o que se explica pelo artigo 3º da resolução CONAMA nº303, de 2002, ainda vigente, que rege a proteção dessas áreas como áreas de preservação permanente, conforme a largura de seus cursos d'água.

Quadro 5 - Área média dos fragmentos de cada classe.

ÁREA MÉDIA (ha)	
Rios/Água	162,5
Mata Galeria/Ciliar	328,6
Campo Sujo Úmido	292,7
Lago	10,2
Várzeas	143,2
Campo Limpo Úmido	178,6
Veredas/Buritizal	129,0

Conforme já se discutiu anteriormente, as áreas úmidas, em sua maioria, são protegidas por lei, porém a ocorrência de cursos d'água em grande quantidade, assim como a presença de rios de grande porte, como o Araguaia e o próprio Caiapó, eleva a exigência pelo tamanho dessas áreas.

Na sequência da Mata Galeria/Ciliar, os maiores tamanhos médios entre as classes são em ordem campo sujo úmido, campo limpo úmido, rios/água, várzeas, vereda/buritizal e por fim, lagos. O levantamento do percentual dos fragmentos na paisagem (PLAND) apresenta os seguintes resultados, observados no Quadro 6:

Quadro 6 – Percentual de fragmentos de cada classe na paisagem.

Percentual de Fragmentos (%)	
Rios/Água	0,30
Mata Galeria/Ciliar	10,15
Campo Sujo Úmido	0,59
Lago	0,02
Várzeas	0,07
Campo Limpo Úmido	3,62
Vereda/Buritizal	0,22

Para esses resultados que totalizam 14,98% da área total da bacia paisagem, deve-se levar em conta que são referentes somente às áreas úmidas, sendo que os 85,02% restantes da área são de áreas “não úmidas”, ou daquelas classificadas como usos antrópicos e que serão destacadas mais adiante, no Capítulo 2.

Para os resultados da métrica percentual de fragmentos (PLAND), observa-se o padrão nas classes de mata galeria/ciliar e campo limpo úmido, que apresentaram os maiores índices, e as classes de várzeas e lagos, com os menores índices.

O cálculo do número de fragmentos (NP) para cada classe, representado no Quadro 5, apresentado a seguir, reforça a discussão feita para o tamanho médio dos fragmentos. Mata galeria/ciliar é predominante também na quantidade de fragmentos, contendo 398 em toda a área da bacia do rio Caiapó.

Cabem aqui duas observações importantes. A primeira diz respeito à baixa quantidade de áreas de várzeas, apenas 6 fragmentos, o que expressa que suas áreas são relativamente grandes, pois como foi visto, o tamanho médio é de 143,2 ha. A segunda refere-se aos lagos presentes na bacia, que, ao contrário das várzeas, possuem tamanhos muito pequenos, uma vez que essa classe apresenta 29 fragmentos e, seguindo a mesma linha de raciocínio, tem tamanho médio de fragmentos de apenas 10,2 ha.

Quadro 7 - Número de fragmentos de cada classe

Número de Fragmentos	
Rios/Água	24
Mata Galeria/Ciliar	398
Campo Sujo Úmido	26
Lago	29
Várzeas	6
Campo Limpo Úmido	261
Vereda/Buritizal	22

Depois da mata galeria/ciliar, a classe que mais possui fragmentos é a de campo limpo úmido. O restante das classes, todas com menos de 30 fragmentos, segue o mesmo padrão citado acima para as várzeas.

A análise da métrica de total de bordas (TE) de classes (Quadro 8) revela uma mesma tendência encontrada nas métricas analisadas anteriormente, nas quais as classes de mata galeria/ciliar e campo limpo úmido são as de maior representatividade, enquanto as de várzeas e lagos são as de menor representatividade.

Quadro 8 - Total de bordas de cada classe

Total de Bordas	
Rios/Água	861.930,0
Mata Galeria/Ciliar	14.974.860,0
Campo Sujo Úmido	561.360,0
Lago	46.740,0
Várzeas	107.580,0
Campo Limpo Úmido	5.099.460,0
Vereda/Buritizal	485.640,0

Essa métrica é importante por representar, aliada à análise do tamanho médio da área do fragmento, o comportamento referente a possíveis avanços e recuos das classes na paisagem, tendo maior representatividade para uma análise de série temporal.

As próximas métricas a serem discutidas possuem relações diretas entre si. A distância euclidiana média do vizinho próximo (Quadro 9), a conectividade entre os fragmentos (Quadro 10) e a densidade de fragmentos (Quadro 11) da mesma classe em 100 hectares de paisagem se inter-relacionam, pois representam as características espaciais de cada tipo de fragmento dentro da bacia.

Quadro 9- Distância euclidiana média do vizinho próximo entre os fragmentos de mesma classe.

Distância Euclidiana	
Rios/Água	617,1
Mata Galeria/Ciliar	552,4
Campo Sujo Úmido	5.850,2
Lago	5.131,8
Várzeas	2.532,8
Campo Limpo Úmido	1.565,1
Vereda/Buritizal	4.964,1

Quadro 10 - Conectividade entre os fragmentos de cada classe.

Conectividade	
Rios/Água	98,67
Mata Galeria/Ciliar	99,05
Campo Sujo Úmido	98,61
Lago	92,32
Várzeas	97,75
Campo Limpo Úmido	98,05
Vereda/Buritizal	97,59

Quadro 11– Densidade dos fragmentos de cada classe em 100 ha de paisagem.

Densidade de Fragmento	
Rios/Água	0,002
Mata Galeria/Ciliar	0,031
Campo Sujo Úmido	0,002
Lago	0,002
Várzeas	0,001
Campo Limpo Úmido	0,020
Vereda/Buritizal	0,002

O cálculo da distância euclidiana média do vizinho próximo mostra que, para a classe de mata galeria/ciliar, deve-se andar 552,4 metros para encontrar outro fragmento da mesma classe; a classe de Rios/Água aparece em seguida entre as menores distâncias: 617,1 metros. Isso se reflete em seguida, observando-se os dados de conectividade que mostram, para os fragmentos dessas classes, os maiores índices (99,05 e 98,67).

Com relação à métrica de densidade de fragmentos para cada 100 ha de paisagem, mata galeria/ciliar confirma as análises espaciais anteriores revelando-se também mais espalhada por toda a área da bacia e com os melhores índices.

No que diz respeito à outra ponta da análise, a classe de lagos apresenta os piores índices, sendo que são necessários 5.131,8 metros para se encontrar outro fragmento de mesma classe, conectividade de 92,32 esses dois resultados, os mais baixos das respectivas análises e uma densidade de 0,002 fragmentos para cada 100 ha de paisagem. Estes resultados demonstram que há poucos lagos na bacia e que estes estão relativamente esparsos por toda a área.

A classe de campo sujo úmido possui uma análise interessante, pois apresenta a maior distância entre um fragmento e outro (5.850,2 metros) e o segundo menor índice de densidade de fragmento para 100 ha de paisagem (0,002), porém, esta classe apresenta também um elevado índice de conectividade entre fragmentos (98,61). Tais resultados podem ser reflexo de uma linearidade entre os fragmentos, embora estes estejam distantes entre si.

Considerações

As análises das métricas permitem constatar predominância dos fragmentos de mata galeria/ciliar em relação aos outros tipos de fitofisionomias de áreas úmidas,

muito possivelmente devido à preocupação com os aspectos legais já citados e à densidade de drenagem que a bacia do rio Caiapó apresenta. As classes de campo limpo úmido e várzeas apresentam fragmentos muito espalhados na área da bacia (sobretudo o campo limpo úmido) e, principalmente, fragmentos de áreas de tamanho razoável, tendo a segunda e quarta média, respectivamente, entre as classes de áreas úmidas (Quadro 3).

O campo sujo úmido representa a classe que apresenta os maiores fragmentos, com a segunda área média mais alta entre as classes de áreas úmidas, 292,7 ha, mas com esses fragmentos estando muito distantes entre si, o que representa um espalhamento por toda a área da bacia. Estes podem ter uma configuração linear dentro da área da bacia.

A classe de Rios/Água, como não poderia deixar de ser, apresentou seu resultado mais significativo na análise de conectividade; outra análise que também merece destaque é a de área média de fragmento, também representativo, reafirmando os grandes corpos hídricos presentes na bacia, conforme já mencionado. Os fragmentos de lagos revelam-se muito pequenos e relativamente distantes entre si.

A classe de vereda/buritizal não esteve entre os índices mais extremos. As métricas discutidas demonstram que os 22 fragmentos de vereda/buritizal identificados na bacia estão bastante espalhados na paisagem, por seus resultados de baixa densidade e grandes distâncias entre fragmentos para o vizinho próximo. Possui fragmentos de tamanho médio, com áreas médias acima de 100 ha.

ANÁLISE 2 - ÁREAS ÚMIDAS NA BACIA DO RIO CAIAPÓ – GO E SUAS RELAÇÕES COM O USO ANTRÓPICO DO SOLO NO ANO DE 2009

Tendo como preocupação saber quais são as classes que cercam e, ocasionalmente, pressionam as áreas úmidas, as discussões nesta análise abordam a ligação das classes de uso antrópico do solo com as classes de áreas úmidas, analisando quais são os usos que exercem maior influência sobre as áreas úmidas, buscando-se estabelecer um padrão do contato atual da antropização com essas áreas.

Para essa análise foram utilizadas, na geração dos dados, somente ferramentas do *ArcGis*. Inicialmente, foram separadas todas as classes de áreas úmidas, em seguida ampliou-se o tamanho de cada polígono de fragmento em 5 metros de raio com a ferramenta *Buffer* e, por fim, aplicada a ferramenta *Intersect*. Esta ferramenta separa polígonos que se interseccionam entre dois ou mais *shapefiles*(neste

caso, cada classe de área úmida separadamente e a área da bacia classificada do ano de 2009, menos a classe de área úmida que estará sendo analisada, para não haver duplicação de informação) e assim foi possível identificar quais são as classes limítrofes de cada tipo de área úmida.

Cabe ressaltar que, em alguns casos, o mesmo polígono pode possuir mais de um ponto de intersecção com o outro polígono analisado e, desta forma, o número de polígonos de contato gerados poderá destoar do número de polígonos de fragmentos geral classificados para toda a área da bacia.

Discussões da metodologia e dos dados gerados.

Antes do início da etapa de análises, foi realizado o levantamento de áreas e da quantidade de fragmentos para cada uma das classes de áreas úmidas e de uso antrópico do solo presentes na área da bacia do rio Caiapó. Este levantamento é apresentado no Quadro 12, a seguir:

Quadro 12 – Áreas e quantidade de fragmentos para as classes da bacia do rio Caiapó em 2009.

Bacia do rio Caiapó (2009)	Área (km ²)	%	Número de Fragmentos
Agricultura	5756,59	44,66	713
Área Preservada	3308,17	25,66	389
Pastagem	1855,47	14,39	614
Mata Galeria/Ciliar	1308,53	10,15	398
Campo Limpo Úmido	466,52	3,62	261
Campo Sujo Úmido	76,15	0,59	26
Área Urbana	39,04	0,30	16
Rios/Água	38,92	0,30	24
Vereda/Buritizal	28,4	0,22	22
Várzeas	9,45	0,07	6
Lago	2,95	0,02	29
Área Total	12890,19	100,00	2498

T

Tendo apresentado as áreas, as porcentagens representativas e a quantidade de fragmentos de cada uma das onze classes classificadas para a bacia do rio Caiapó, passou-se a análise da primeira classe apresentada: campo limpo úmido. Observa-se no Quadro 13 que a classe que mais está em contato com os campos limpos úmidos é a de agricultura. A seguir, o Quadro 11 aponta o número de polígonos

de cada classe em contato com os campos limpos úmidos, bem como a porcentagem representativa para o total de áreas em contato.

Quadro 13 - Classes associadas a campo limpo úmido.

Classes associadas a Campo Limpo Úmido	Número de Fragmentos	%
Agricultura	838	51,3
Área Preservada	269	16,5
Mata Galeria/Ciliar	222	13,6
Pastagem	221	13,5
Rios/Água	41	2,5
Campo Sujo Úmido	19	1,2
Área Urbana	7	0,4
Várzeas	6	0,4
Vereda/Buritizal	6	0,4
Lago	4	0,2
Total de Polígonos	1633	100,0

É possível observar que as classes que aparecem com predominância de contato com as áreas de campo limpo úmido, totalizando 67,8% do todo, são também as áreas que possuem mais polígonos de fragmentos presentes na bacia do rio Caiapó, quais sejam: agricultura e áreas preservadas. Uma explicação para isso pode ser o relevo pouco acidentado onde as formações campestres estão localizadas, que são ideais para a agricultura. Apesar das classes de área urbana, várzeas, vereda/buritizal e lago possuírem menos de dez pontos de contato com a classe analisada, cabe ressaltar que todas as classes classificadas possuem pontos de intersecção com os fragmentos de campo limpo úmido.

A seguir se apresenta no Quadro 14, sobre a classe campo sujo úmido, com destaque novamente para a classe de agricultura (47,6%) e, dessa vez, seguida por mata galeria/ciliar (16,5%). A proximidade das áreas de agricultura pode ser novamente justificada explicada pelo relevo, enquanto os contatos entre a classe analisada e a mata galeria/ciliar explicam-se por estas serem classificadas fitofisionomicamente como áreas de contato natural.

Quadro 14 - Classes associadas a campo sujo úmido.

Classes relacionadas a Campo Sujo Úmido	Número de Fragmentos	%
Agricultura	101	47,6
Mata Galeria/Ciliar	35	16,5
Rios/Água	28	13,2
Pastagem	19	9,0

Campo Limpo Úmido	15	7,1
Área Preservada	5	2,4
Vereda/Buritizal	5	2,4
Área Urbana	2	0,9
Várzeas	2	0,9
Total de Polígonos	212	100,0

O campo sujo úmido possui, em toda a bacia do rio Caiapó, 26 fragmentos (Quadro 12), o que se considera pouco para uma área de aproximadamente 12.000 Km². E isso se reflete na quantidade de áreas de contato com os outros tipos de classes, onde a classe que mais está em contato com esta fitofisionomia é a de agricultura, que possui 101 polígonos nesta situação. Outra observação importante é a de que os polígonos de campo sujo úmido não estão em contato com os polígonos da classe de lagos. Área preservada, vereda/buritizal, área urbana e várzeas são os tipos de polígonos de fragmentos que apresentam menores índices de pontos de contato com a classe analisada.

A classe de mata galeria/ciliar é a que possui maior número de polígonos de fragmentos dentre as áreas úmidas na bacia do rio Caiapó, com 398 polígonos classificados. O Quadro 15 detalha melhor a análise a seguir.

Quadro 15 - Classes associadas à mata galeria/ciliar.

Classes associadas à Mata Galeria/Ciliar	Número de Fragmentos	%
Agricultura	3686	66,9
Pastagem	811	14,7
Área Preservada	580	10,5
Campo Limpo Úmido	254	4,6
Rios/Água	98	1,8
Área Urbana	28	0,5
Campo Sujo Úmido	22	0,4
Lago	21	0,4
Várzeas	8	0,1
Vereda/Buritizal	4	0,1
Total de polígonos	5512	100,0

Percebe-se a enorme quantidade de pontos de contato entre as áreas de mata galeria/ciliar e as de agricultura, onde foram apontados 3686 fragmentos de intersecção (Quadro 15). Esse número alto pode ser explicado pelo formato das áreas de mata galeria/ciliar, que são normalmente lineares e acompanham os cursos d'água, muitas vezes do tipo meandantes e acabam entrando em contato com o mesmo polígono de agricultura várias vezes. Outro fator importante a ser considerado diz

respeito à legislação ambiental que classifica essas áreas como áreas de preservação permanente (APP).

Desta forma, nas propriedades agrícolas, os produtores com interesse em aproveitar o máximo de espaço possível vão até o limite do permitido com seus cultivos e, quando se aproximam de cursos d'água, o contato é direto com as áreas de mata galeria/ciliar. Apesar de possuir um número muito menor que a classe de agricultura, as áreas de pastagem têm comportamento semelhante, tanto com relação ao número de polígonos em contato quanto ao contato direto com as áreas de mata galeria⁴⁶ devido à exploração máxima das propriedades em uso.

A classe de rios/água possui 98 polígonos em contato com a classe de mata galeria/ciliar (Quadro 15). A explicação para este baixo número de polígonos está no fato de que só foram classificados como rios/água os polígonos onde era possível identificar a água, ou seja, todos os polígonos da classe de mata galeria/ciliar estão associados a rios e córregos, mas a pequena largura do canal e principalmente a formação de dossel sobre esses cursos, que caracteriza a vegetação de mata de galeria (Ribeiro & Walter, op. cit.), impossibilitam a identificação do polígono de água. Isso também restringe a quantidade de fragmentos de rios/água presentes na bacia do rio Caiapó, mesmo sendo uma bacia com alta densidade de drenagem.

Outra classe que merece discussão é a de vereda/buritizal, que possui apenas 4 pontos de contato com a classe de mata galeria/ciliar (Quadro 15). A classe de vereda/buritizal é bastante difícil de ser identificada devido às suas dimensões e características, conforme discutido anteriormente. Assim, 22 fragmentos de vereda identificados podem estar em contato com outras classes de áreas úmidas, na transição entre as fitofisionomias, como os campos limpos e sujos úmidos (formações campestres) e as várzeas. Estas últimas também apresentaram um baixo número de áreas de contato com a classe de mata galeria/ciliar, pois também estão mais contíguas com áreas de formação campestre.

As várzeas possuem um pequeno número de fragmentos dentro da bacia, apenas 6 (Quadro 12), e isso se reflete na quantidade de classes que possuem áreas de contato que são bastante reduzidas, onde não aparecem as classes de pastagem, áreas preservadas e área urbana, para os classificados como uso antrópico do solo; notando-se a presença de apenas uma classe – agricultura – deste tipo em contato com as várzeas, reforçando seu caráter úmido, apesar de não possuírem áreas de contato, as classes de lagos e vereda/buritizal, para as áreas úmidas (Quadro 16).

Quadro 16 - Classes associadas às Várzeas.

Classes associadas às Várzeas	Número de Fragmentos	%
Agricultura	37	71,2
Campo Limpo Úmido	6	11,5
Mata Galeria/Ciliar	6	11,5
Campo Sujo Úmido	2	3,8
Rios/Água	1	1,9
Total de Polígonos	52	100,0

Sendo assim, as áreas de várzeas possuem apenas 52 polígonos em contato com mais áreas vizinhas aos polígonos de fragmentos de agricultura (37); campos limpos úmidos e mata galeria/ciliar possuem 6 áreas de contato cada e estão na sequência (Quadro 16). Estas contiguidades podem ser explicadas por estas classes estarem em regiões de relevo suave, ideais para agricultura e formações campestres, além proximidade natural entre fitofisionomias (Brejos e formações savânicas).

A classe de vereda/buritizal possui 177 áreas de contato com outras classes no geral, não fazendo vizinhança com várzeas (anteriormente mostrado) e lagos. Dessas 177 áreas circunvizinhas, 149 estão concentradas entre as classes de uso antrópico com agricultura e pastagem (Quadro 17). Esse resultado reforça, de modo geral, o panorama apontado na tese de Ferreira (2003), de que atividade agropecuária é a principal fonte de pressão e degradação aos ambientes de vereda.

Quadro 17 - Classes associadas à Vereda/Buritizal.

Classes associadas à Vereda/Buritizal	Número de Fragmentos	%
Agricultura	122	68,9
Pastagem	27	15,3
Área Preservada	9	5,1
Campo Limpo Úmido	6	7,1
Campo Sujo Úmido	5	2,8
Mata Galeria/Ciliar	4	2,3
Rios/Água	3	1,7
Área Urbana	1	0,6
Total de Polígonos	177	100,0

A classe de lagos presentes na bacia do rio Caiapó apresenta 29 polígonos (Quadro 12). Quando realizada esta análise, é possível inferir o quanto é complicado identificá-las como naturais ou antrópicas por meio das imagens de satélite, e conclui-

se que para isso é necessário um estudo mais aprofundado para distinguir esses lagos e lagoas, mesmo estando classificadas conjuntamente neste estudo.

Uma possível maneira de distinguir esses lagos pode ser o tipo de classe que os circundam, como no caso da bacia analisada nas quais as classes de agricultura e pastagem estão em contato com esses polígonos, destoando do comportamento natural de lagos e lagoas. Esses resultados também se caracterizam como crime ambiental, já que a legislação define essas lagoas como APP, indicando a preservação de no mínimo 30 metros ao redor em áreas urbanas ou consolidadas e até 100 metros, para lagoas que estejam em áreas rurais (CONAMA, 303/02).

Os demais índices marcantes de contato com os lagos ficam por conta de áreas de mata galeria/ciliar e áreas preservadas. A seguir, o Quadro 18 apresenta esses resultados.

Quadro 18 - Classes associadas aos lagos.

Classes associadas a Lagos	Número de Fragmentos	%
Agricultura	42	50,48
Mata Galeria/Ciliar	21	24,9
Área Preservada	8	9,43
Pastagem	6	7,07
Campo Limpo Úmido	4	4,06
Área Urbana	4	4,06
Total de Polígonos	85	100

Uma possível maneira de distinguir esse lago pode ser o tipo de classe que os circundam, como no caso da bacia analisada nas quais as classes de agricultura e pastagem estão em contato com esses polígonos, destoando do comportamento natural de lagos e lagoas. Esses resultados também se caracterizam como crime ambiental, já que a legislação define essas lagoas como APP, indicando a preservação de no mínimo 30 metros ao redor em áreas urbanas ou consolidadas e até 100 metros, para lagoas que estejam em áreas rurais (CONAMA, 303/02). Os demais índices marcantes de contato com os lagos ficam por conta de áreas de mata galeria/ciliar e áreas preservadas (Quadro 18).

Por fim, a última classe analisada é a de rios/água, na qual se nota o mesmo padrão para todas as classes: domínio de áreas de contato com a classe de agricultura (Quadro 19). Esta é uma situação preocupante pelos mesmos motivos especificados para os lagos e lagoas, para os quais a legislação ambiental é desrespeitada. No caso

dos rios, o mínimo a ser preservado como APP é de 30 metros, para curso d'água com menos de 10 metros de largura, e pode chegar até a 500 metros para cursos d'água com mais 600 metros de largura (CONAMA, 303/02), não havendo casos assim na bacia do rio Caiapó.

Quadro 19 - Classes associadas aos rios/água.

Classes associadas a Rios/Água	Número de Fragmentos	%
Agricultura	121	34,0
Mata Galeria/Ciliar	78	21,9
Pastagem	47	13,2
Área Preservada	44	12,4
Campo Limpo Úmido	39	11,0
Campo Sujo úmido	22	6,2
Vereda/Buritizal	3	0,8
Área Urbana	1	0,3
Várzeas	1	0,3
Total de Polígonos	356	100,0

Vale ressaltar que a classe de mata galeria/ciliar é a segunda com mais áreas de contato com os polígonos de rios/água e que, apesar dos danos ambientais inferidos por essa análise, há ainda as áreas onde aparentemente a legislação é respeitada, cabendo uma análise posterior para verificar se as larguras das APP correspondem às larguras de cada trecho do curso d'água.

Outra coisa importante a ser reforçada com relação ao contato entre rios/água e mata galeria/ciliar é que em todos os casos dos fragmentos desse tipo encontrados em limites com rios/água são fragmentos de mata ciliar especificamente, pois se estes formassem galerias não seria possível distinguir os cursos d'água e ganhariam outra classificação.

Considerações

Após a análise inicial do número de fragmentos para cada uma das classes presentes na bacia do rio Caiapó no ano de 2009 e observando o predomínio da classe de agricultura, presumia-se que este predomínio se refletisse nas análises de contato entre as classes, porém o que se viu foi algo mais sério. Além de ser a líder em contato com todas as classes de áreas úmidas (com domínio bastante amplo, na maioria dos casos), foram constatados diversos casos de crimes ambientais, visto que essas áreas (e também as áreas de pastagem e áreas urbanas, porém com menor expressão) encontram-se em contato direto com as áreas úmidas, exercendo pressão sobre as

mesmas. O próximo capítulo deste trabalho irá analisar a série histórica de todas as classes e com isso, será possível dizer o quanto estas áreas estão avançando, sobre as áreas úmidas uma perspectiva espaço-temporal.

ANÁLISE 3 - EVOLUÇÃO DO USO ANTRÓPICO DO SOLO PARA OS ANOS DE 1975, 1985, 1995 E 2009 E SUAS RELAÇÕES COM AS ÁREAS ÚMIDAS NA BACIA DO RIO CAIAPÓ, GOIÁS.

Na região centro-oeste, onde a bacia do rio Caiapó está localizada, o ritmo acelerado da conversão das terras para o desenvolvimento das atividades agropecuárias nos últimos 40 anos, tem sido relatado por vários pesquisadores preocupados com as consequências do desmatamento intensivo e indiscriminado dos Cerrados (BARBALHO, op. cit.; FARIA, op. cit., MACHADO & CEDRO, 2009, ABREU, 2001). Fomentada pelo Governo Federal através do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO (1975-1979), visando à expansão da uma nova fronteira agrícola no país, a partir da modernização das atividades agropecuárias e da instalação de infraestrutura (estradas e energia), nem sempre considerando as modernas práticas de manejo e conservação do solo - a ocupação rápida das melhores terras e de pastagens nas demais foi favorecida, desencadeando vários impactos ambientais negativos, sobretudo nas áreas mais frágeis, muitas vezes irreversíveis, como a perda da biodiversidade devido aos intensos desmatamentos e posteriormente outros problemas relacionados aos usos e manejos solos e dos recursos hídricos (CASTRO e QUEIROZ NETO, 2009; BARREIRA, 2004; CUNHA, 1994; NOVAES PINTO, 1993).

Assim, as atividades agropecuárias desenvolvidas na região, com extensas lavouras para a produção de grãos, sobretudo soja, voltadas para atender ao mercado externo (FARIA e CASTRO, 2007; e SANTANA et al., 2007), vem sendo relacionados como principais degradadores das áreas úmidas (FONSECA e DE-CAMPOS, op. cit.). A partir desse contexto, esta pesquisa demonstra, através de métricas de análise da paisagem, a real situação entre as áreas úmidas e o uso antrópico do solo para os anos de 1975, 1985, 1995 e 2009, na bacia do rio Caiapó.

Discussões da metodologia e dos dados gerados.

Como já foi abordado, foram usadas imagens Landsat para os anos 1975, 1985, 1995 e 2009 para a análise de evolução do uso do solo. Dessas imagens, a do ano de 1975 é uma Landsat de sensor MSS, com resolução espacial de 80 metros, enquanto as imagens dos outros anos são as Landsat sensor TM, com resolução espacial de 30 metros. Ambos tipos de imagens foram classificadas como foi especificado na metodologia deste trabalho, sendo todas posteriormente reprojetaadas para 80 metros, na busca de igualar a resolução e obter resultados confiáveis. Porém, pelo fato deste processo poder ser realizado somente após a fase de classificação - mais especificamente no momento de conversão da imagem classificada *raster* para o formato *asc//* - e isso acaba tendo reflexos diferentes, principalmente no tamanho e na quantidade de polígonos, para cada classe. Essas diferenças poderão ser notadas em alguns dos resultados discutidos a seguir, mas não impedem a análise realizada.

Após procedimento de classificação, sete métricas da paisagem foram selecionadas para analisar a evolução do uso antrópico do solo e o comportamento das áreas úmidas perante esta situação. As métricas de área média (AREA_MN), percentual de fragmentos na paisagem (PLAND), número de fragmentos da classe na paisagem (NP), distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN_MN), conectividade (COHESION), total de bordas (TE) e densidade de fragmentos (PD), foram selecionadas para análise nesta pesquisa.

Os resultados da primeira métrica analisada, a de área média dos polígonos, são apresentados no Quadro 20.

Quadro 20 - Área média dos fragmentos de cada classe (ha).

Classes	Área média dos fragmentos			
	1975	1985	1995	2009
Agricultura	117,6	367,7	435,0	806,8
Área Preservada	1772,9	1.693,7	1.224,3	849,9
Área Urbana	73,0	385,3	364,8	243,8
Campo Limpo Úmido	407,9	210,0	223,1	178,6
Campo Sujo Úmido	342,8	332,0	227,5	292,7
Lago	20,3	14,3	21,2	10,2
Mata Galeria/Ciliar	126,0	227,4	268,7	328,6
Pastagem	199,8	382,5	310,1	302,0
Rios/Água	16,0	109,1	141,1	162,5
Várzeas	123,4	129,6	239,4	143,2
Vereda/Buritzal	89,0	123,7	214,0	129,0

De acordo com os dados apresentados no Quadro 20, constata-se mudanças significativas na área média dos fragmentos para as classes área preservada e agricultura. Essas classes invertem seus valores de tamanho de área média, onde há um predomínio das classes de área preservada para o ano de 1975 (1772,9 ha), e este valor vai decrescendo com o passar dos anos até 2009 (849,9 ha); enquanto isso, a área média de agricultura, apresenta tendência crescente no decorrer dos anos (117,6 ha em 1975, chegando a 806,8 ha em 2009). Essas mudanças devem ser reflexos da influência das políticas públicas de incentivo para o desenvolvimento da região (POLOCENTRO). A classe de pastagem, que também sofre influência dos referidos programas públicos, tem comportamento interessante, com um aumento de 1975 para 1985 e depois esses valores começam a cair sensivelmente. Isso pode ser explicado pelo avanço de atividades agrícolas, que no estado de Goiás tem provocado um denso processo de conversão de áreas de pastagens para agricultura (FARIA, op. cit.).

Observando os resultados apresentados no Quadro 20 para as classes de áreas úmidas, a maioria dessas mantém comportamento relativamente neutro, sem grandes oscilações, com exceção da classe de várzeas, mata galeria e rios/água que aumentam significativamente seus valores no período analisado. Uma possível justificativa para esse aumento nas áreas de várzeas está ligada a ocorrência do efeito climático “El Niño” nesse período que, de acordo com Barros (op.cit.), é determinante para um alto índice pluviométrico - independente de sua intensidade, que nesse caso é moderada - interferindo diretamente na cheia dos rios, contribuindo assim para a formação das áreas de várzeas.

O aumento das áreas médias dos fragmentos mata galeria/ciliar pode ser explicado pela legislação ambiental vigente, que rege a preservação dessas áreas, assim como das outras áreas úmidas. Porém, as matas ciliares são mais aparentes quando há ocorrência de degradação do que outros tipos de áreas úmidas. Isso pode ser observado quando adicionamos as classes de campo limpo úmido e campo sujo úmido à análise, pois essas sofrem, no geral, uma significativa queda em suas áreas médias, passando de 407,9 ha em 1975 para 178,6 ha em 2009, para campo limpo úmido e 342,8 ha em 1975 para 292,7 ha em 2009 para campo sujo úmido. Esses dados indicam que os campos úmidos continuam a ser substituídos pelas classes de uso antrópico do solo, com conseqüente perda de sua função ecológica e biogeográfica. Tal processo de substituição foi também verificado por Fonseca e De-Campos (op. cit.) em duas sub-bacias localizadas próximas a região das nascentes do rio Araguaia.

A métrica de percentagem de fragmentos das classes (Quadro 21) na área de estudo apresenta tendência semelhante aquela da área média dos fragmentos (Quadro 20).

Quadro 21 – Percentual de fragmentos de cada classe na paisagem.

Classes	Percentual de fragmentos (%)			
	1975	1985	1995	2009
Agricultura	1,31	23,29	30,0	44,66
Área Preservada	56,37	50,62	42,2	25,67
Área Urbana	0,17	0,04	0,3	0,30
Campo Limpo Úmido	16,86	0,42	1,3	3,62
Campo Sujo Úmido	8,81	2,94	0,5	0,59
Lago	0,02	0,02	0,0	0,02
Mata Galeria/Ciliar	4,21	2,77	4,9	10,15
Pastagem	11,70	19,33	20,2	14,40
Rios/Água	0,11	0,21	0,2	0,30
Várzeas	0,23	0,02	0,1	0,07
Vereda/Buritizal	0,21	0,33	0,1	0,22

Os dados de percentagem de fragmentos indicam que houve uma grande fragmentação das classes no período analisado (Quadro 21).

Para análise dos dados relativos à métrica número de fragmentos, deve-se lembrar sobre a discussão sobre as diferenças de imagens, pois na imagem com sensor MSS (do ano 1975) os polígonos são maiores e por isso ocorrem em menor número em relação aos demais períodos analisados, conforme mostram o Quadro 22.

Quadro 22 - Número de fragmentos de cada classe.

Classes	Número de fragmentos			
	1975	1985	1995	2009
Agricultura	42	816	889	713
Área Preservada	120	385	444	389
Área Urbana	9	11	11	16
Campo Limpo Úmido	156	26	76	261
Campo Sujo Úmido	97	114	28	26
Lago	4	21	12	29
Mata Galeria/Ciliar	126	157	237	398
Pastagem	221	651	837	614
Rios/Água	27	25	22	24
Várzeas	7	2	8	6
Vereda/Buritizal	9	4	9	22

Observa-se que o número de fragmentos de algumas classes, como agricultura e pastagem, possui comportamento não uniforme, aumentando de 1975 até 1995 e depois sofrendo sensível queda no ano de 2009 (Quadro 22). Uma explicação para esta sensível queda pode ser a homogeneização no comportamento das imagens, provocados, no caso da agricultura, talvez pelo aumento nas áreas de cultivo (grandes propriedades monocultoras), o que geraria polígonos maiores. Para a classe de pastagem, a diminuição está ligada à substituição das áreas de pastagem por agricultura, com aplicação de insumos e manejo na correção do solo, convertendo-o para o uso agrícola conforme verificado por Barbalho (op.cit.).

Para a classe área preservada, observa-se também um comportamento não uniforme dos dados, com aumento brusco entre 1975 e 1985 e depois decréscimo em 2009 (Quadro 22). Esse comportamento é diferente daquele verificado para o tamanho dos fragmentos (Quadro 20), o que pode ser explicado pela classificação em imagens MSS, de 80 metros. O aumento verificado no número de fragmentos entre 1985 e 1995 foi possivelmente ocasionado pelas discussões sobre a preservação do bioma cerrado à época, como por exemplo a Proposta de Emenda à Constituição nº 141 de 1992 e o Tratado dos Cerrados, das Conferências do Rio de Janeiro (RIO 92, 1992). O decréscimo verificado para 2009, com um recuo para 389 fragmentos, pode ser decorrente do crescimento constante das áreas agrícolas e a pressão dessas atividades sob as áreas preservadas, de modo geral.

Para compreender as mudanças observadas nas classes vereda/buritizal e mata galeria/ciliar, é necessário analisar a evolução da legislação ambiental, o impacto provocado pelos investimentos maciços dos programas de desenvolvimento, o incremento da filosofia da Revolução Verde (MOREIRA, 2000), bem como também as diferenças entre as imagens de 1975 e 1985. Essas duas classes possuem muitas características semelhantes o que, torna a classe de vereda/buritizal de difícil identificação para as imagens do sensor MSS, de resolução espectral de 80 metros. Desta forma, esta classe apresenta uma queda entre os anos de 1975 e 1985 (de 9 para 4 fragmentos), onde pode-se inferir a possibilidade de confusão entre essas áreas (Quadro 22). A partir de 1985, vereda/buritizal passa a ter comportamento crescente, com 9 fragmentos em 1995 e 22 em 2009, comportamento esse que pode ser associado à evolução e às aplicações da Lei Federal 7.511/86, que alterou os limites das APP's, originariamente de 05 metros para 30 metros, sendo que nos rios com mais de 200 metros de largura a APP passou a ser equivalente à largura do rio o que também explica a ordem crescente dos valores para a mata galeria/ciliar (126 em 1975, 157 em 1985, 237 em 1995 e, finalmente, 398 para o ano de 2009).

A classe várzeas se apresenta com uma queda considerável entre os anos de 1975 e 1985, de 7 fragmentos para 2 fragmentos, enquanto para os anos de 1995 e de 2009, retoma números próximos ao registrado em 1975 (8 fragmentos em 1995 e 6 em 2009). A queda verificada em 1985 implica na discussão quanto a tamanho de cada fragmento desta classe, pois como foi mostrado anteriormente, na análise de áreas médias, esta métrica apresenta comportamento uniforme entre essas duas datas.

As classes campo limpo úmido e campo sujo úmido apresentaram tendências diferentes. O número de fragmentos da classe campo limpo úmido sofreu variações grandes nos seus valores para as quatro datas (Quadro 22). Analisando também os

valores da área média dos fragmentos (Quadro 20), percebe-se uma queda brusca para a classe campo limpo úmido nas duas métricas analisadas (156 para 26 no número de fragmentos e 407,9 ha para 210,0 ha na área média dos fragmentos) que corrobora a diferença de resolução entre as imagens MSS (80 metros) e TM (30 metros). O período de 1975 a 1985 coincide com o início das atividades agrícolas na região, o que também exerce influência sobre os valores adquiridos. De 1985 para 1995, ocorreu um aumento no número de fragmentos para a classe campo limpo úmido considerado natural devido à criação das leis ambientais e, de 1995 para 2009, ocorreu significativo aumento no número de fragmentos de 76 para 261 (Quadro 22), que, como discutido a seguir, pode ter sofrido interferência do comportamento espectral semelhante entre esta classe e a de campo sujo úmido; posto que esse aumento não se reflete na análise de área média da classe que, ao contrário, diminui (223,1 ha para 178,6 ha) e leva à conclusão que os seus polígonos estão menores e mais fragmentados.

Para a classe campo sujo úmido, nota-se dois períodos evolutivos distintos: o primeiro entre os anos de 1975 e 1985, onde houve considerável aumento no número de fragmentos, e o segundo entre os anos de 1995 e 2009, onde inicialmente ocorreu queda nos valores entre os anos de 1985 e 1995 e posteriormente tendência a estabilidade dos valores. A queda verificada nos valores entre 1985 e 1995 se correlaciona com os valores da área média dos fragmentos, que apresenta tendência semelhante (Quadro 20). Desta forma, considerando as mudanças nos valores no período analisado, especificamente entre os referidos anos (1985 e 1995), e também os dados relativos aos aumentos para a classe agricultura, a possibilidade de confusão na identificação dos tipos de classes surge como uma das explicações. As características espectrais entre as duas classes podem ser bastante semelhantes, apresentando em alguns casos a tonalidade de verde claro, com textura lisa, fina e aveludada e ainda de baixo porte.

Dados relativos à métrica de total de borda são apresentados no Quadro 23.

Quadro 23 – Total de bordas dos fragmentos de cada classe na paisagem.

Classes	Total de bordas dos fragmentos			
	1975	1985	1995	2009
Agricultura	3.600,0	17.324.820,00	21.313.500,0	27.878.400,0
Área Preservada	324.330,0	21.760.170,00	23.178.510,0	14.863.230,0
Área Urbana	3.600,0	196.740,00	200.190,0	212.070,0
Campo Limpo Úmido	245.700,0	472.470,00	1.794.960,0	5.099.460,0
Campo Sujo Úmido	132.540,0	2.828.340,00	645.870,0	561.360,0
Lago	960,0	40.680,00	31.800,0	46.740,0
Mata Galeria/Ciliar	88.440,0	4.499.040,00	7.677.240,0	14.974.860,0
Pastagem	206.340,0	16.801.740,00	19.753.890,0	14.622.810,0
Rios/Água	3.210,0	613.980,00	654.000,0	861.930,0
Várzeas	4.500,0	16.260,00	152.520,0	107.580,0
Vereda/Buritizal	5.190,0	79.620,00	254.040,0	485.640,0

A principal característica observada para essa métrica está no aumento brusco da quantidade de bordas entre os anos de 1975 e 1985. Novamente a resolução espacial das imagens MSS de 80 metros, para o ano de 1975, e de 30 metros para os demais anos, colaboram com os resultados destoantes obtidos.

Alguns resultados obtidos por essa métrica merecem destaque como os altos e crescentes valores obtidos para a classe agricultura. A classe mata galeria/ciliar e campo limpo úmido também apresentaram valores crescentes (Quadro 23).

As classes área preservada e pastagem aparecem na sequência com os valores de total de bordas também altos, porém, diferentemente da classe de agricultura, essas possuem comportamento não uniforme (Quadro 23).

Com base nos resultados apresentados nos Quadros X e Y, observa-se que os resultados da métrica total de bordas acompanham a mesma tendência que os da métrica número de fragmentos, com exceção da classe agricultura, que diminui em relação ao número de fragmentos no ano de 2009, sendo possível observar aumento de tamanho dos polígonos, possivelmente relacionado às grandes propriedades monocultoras, com grandes áreas de cultivo.

Dados relativos à métrica distância euclidiana média para o vizinho próximo são apresentados no Quadro 24.

Quadro 24 – Distância euclidiana média para o vizinho próximo de cada classe na paisagem.

Classes	Distância euclidiana média para o vizinho próximo			
	1975	1985	1995	2009
Agricultura	110,6	354,3	242,0	179,7
Área Preservada	70,9	285,7	337,3	614,7
Área Urbana	1.007,0	12.917,3	14.176,2	7.877,5
Campo Limpo Úmido	79,8	6.382,0	1.736,6	1.565,1
Campo Sujo Úmido	78,4	1.552,1	3.469,5	5.850,2
Lago	456,7	2.449,7	5.833,8	5.131,8
Mata Galeria/Ciliar	125,1	1.576,0	859,0	552,4
Pastagem	86,2	459,5	380,7	527,8
Rios/Água	96,3	734,3	1.053,5	617,1
Várzeas	85,4	11.670,0	6.744,2	2.532,8
Vereda/Buritizal	356,9	27.398,8	15.276,2	4.964,1

Observando os resultados apresentados no Quadro 24, nota-se que as mesmas deficiências detectadas nos dados das outras métricas se repetem para o ano de 1975, dificultando a análise para esta data. A tendência geral foi de diminuição da distância euclidiana média para o vizinho mais próximo para várias classes, com destaque para mata galeria, vereda e várzea cujas distâncias diminuíram mais que cinco vezes, e o campo limpo úmido cuja distância foi diminuída cerca de dois terços. Contrariamente, a distância euclidiana média entre fragmentos aumentou para as classes campo sujo úmido e área preservada. Esse aumento, que foi acompanhado a diminuição em área de fragmentos para a classe campo sujo úmido (Quadro 20) pode indicar total isolamento destas áreas com conseqüente perda severa de seu papel ecológico e biogeográfico. No caso da classe área preservada, o aumento verificado analisado em conjunto com o aumento da área de fragmentos, indica maior concentração das áreas preservadas em fragmentos maiores o que pode ser um aspecto positivo para fins ecológicos.

A métrica de conectividade é apresentada no Quadro 25.

Quadro 25 – Conectividade dos fragmentos de cada classe na paisagem.

Classe	Conectividade dos fragmentos			
	1975	1985	1995	2009
Agricultura	79,9	99,17	99,21	99,63
Área Preservada	99,2	99,96	99,92	99,75
Área Urbana	71,9	98,83	98,75	98,60
Campo Limpo Úmido	95,4	98,30	98,30	98,05
Campo Sujo Úmido	91,0	98,80	98,25	98,61
Lago	34,1	92,81	93,73	92,32

Mata Galeria/Ciliar	83,7	98,45	98,70	99,05
Pastagem	87,2	99,07	99,15	98,92
Rios/Água	28,8	98,08	98,76	98,67
Várzeas	79,3	97,48	98,31	97,75
Vereda/buritizal	76,2	97,34	98,10	97,59

Todos os valores de conectividade são considerados muito bons, pois estão acima de 90% para os anos mais recentes. O mesmo não se verificou para o ano de 1975, onde apenas três classes (área preservada, campo limpo úmido e campo sujo úmido – Quadro 25) apresentaram valores de conectividade acima de 90%.

Os resultados encontrados para a conectividade entre os fragmentos no ano de 1975 novamente tem a ver possivelmente com a classificação dos polígonos na imagem Landsat de sensor MSS. Nesta análise, fica claro que o tamanho grande dos polígonos gerados para a imagem de resolução de 80 metros contribui para a queda nos índices dessa métrica. Esse fator também é determinante quando analisamos a métrica de densidade de fragmentos, que calcula a quantidade de fragmentos para cada 100 ha de paisagem. Desta forma, com polígonos muito grandes, a análise para o ano de 1975 destoa completamente da dos demais anos (Figura 8), sendo necessária inclusive a separação dos resultados dos demais anos para melhor visualização (Figura 9). O Quadro 26 trás os resultados de todos os anos juntos, como nos demais quadros:

Figura 8 – Densidade dos fragmentos de cada classe em 100 ha de paisagem.

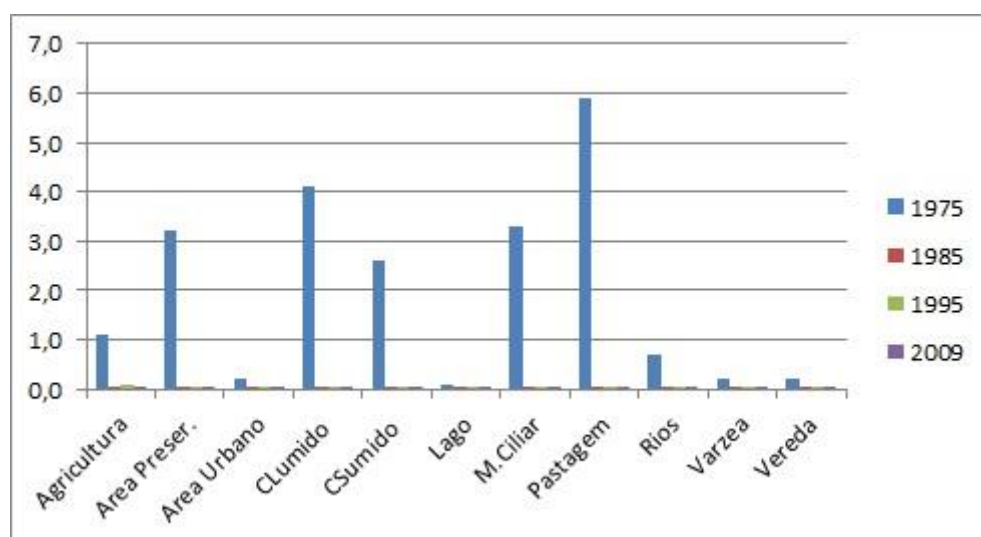
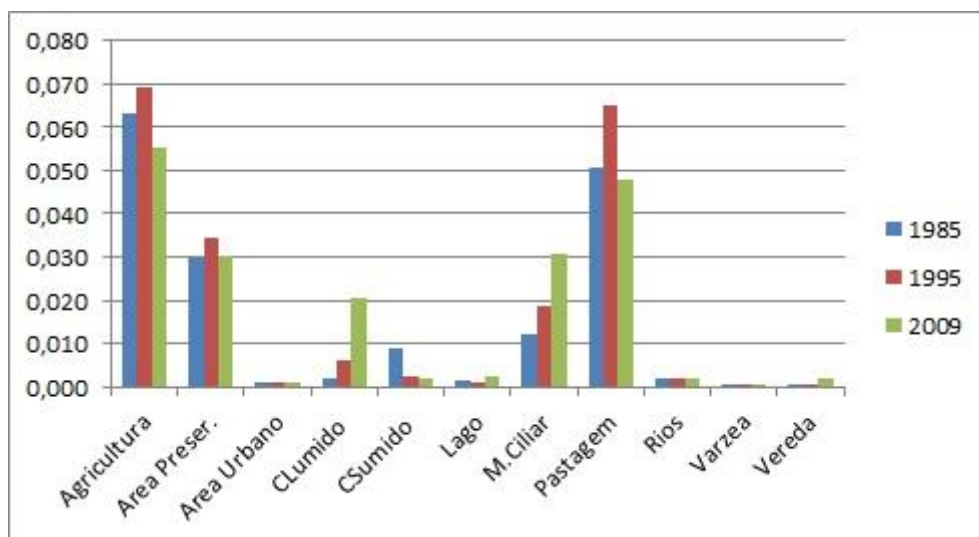


Figura 9 – Densidade dos fragmentos de cada classe em 100 ha de paisagem, sem as análises para o ano de 1975.



Quadro 26 – Densidade dos fragmentos de cada classe em 100 ha de paisagem.

Classe	Densidade dos fragmentos			
	1975	1985	1995	2009
Agricultura	1,1	0,063	0,069	0,055
Área Preservada	3,2	0,030	0,035	0,030
Área Urbana	0,2	0,001	0,001	0,001
Campo Limpo Úmido	4,1	0,002	0,006	0,020
Campo Sujo Úmido	2,6	0,009	0,002	0,002
Lago	0,1	0,002	0,001	0,002
Mata Galeria/Ciliar	3,3	0,012	0,018	0,031
Pastagem	5,9	0,051	0,065	0,048
Rios/Água	0,7	0,002	0,002	0,002
Várzeas	0,2	0,000	0,001	0,001
Vereda/Buritizal	0,2	0,000	0,001	0,002

Analisando primeiramente só os dados do ano de 1975, pode-se notar que os valores, muito acima dos outros anos como já foi dito, também não seguem a mesma tendência dos demais anos, pois para 1975, os maiores valores são os de pastagem, campo limpo úmido e mata galeria/ciliar (Quadro 26). Para os outros anos, a classe que tem maior densidade de fragmentos é a agricultura seguida por pastagem. As menores densidades são para as classes várzeas e vereda/buritizal em 1985; área urbana, lago, várzeas e vereda/buritizal em 1995 e área urbana e várzeas em 2009. Isso pode ser explicado pela pequena ocorrência destas classes na bacia em estudo.

Considerações

A análise das métricas seguindo uma escala temporal para os anos de 1975, 1985, 1995 e 2009 reafirmou alguns comportamentos já identificados por outros

estudos (FARIA, 2011; BARBALHO, 2010; FONSECA & DE-CAMPOS, 2011 e FONSECA, 2010) com relação ao avanço do uso antrópico do solo nas áreas do bioma Cerrado, principalmente no estado de Goiás. Confirma-se assim o predomínio crescente que a agricultura e pastagens exercem após os programas de incentivo do Governo Federal, e conseqüentemente, o aumento gradativo de áreas urbanas, o que comprova o sucesso do avanço da frente de expansão agrícola para a região central do Brasil, proposta por esses programas (POLOCENTRO e PRODECER, por exemplo). Da mesma forma que esses tipos de uso se expandem, em geral as áreas úmidas tendem a diminuir conforme demonstra essa pesquisa, com exceção das áreas com mata galeria e água.

Várias características de cada tipo de uso antrópico do solo podem ser ressaltadas, como o aumento do tamanho dos polígonos de agricultura no ano de 2009, que comprovam a característica da região de grandes propriedades monocultoras, com áreas de cultivo bastante grandes; as áreas de pastagem que tem comportamento crescente nos primeiros anos e depois recuam, devido a tendência de substituição de uso, passando por processos de readequação do manejo e conversão para agricultura.

No que diz respeito às classes de áreas úmidas, a tendência observada é a de um processo inicial de degradação forte, mas que entre os anos de 1985 e 1995, se estabiliza devido à aplicação de legislações ambientais e aos intensos debates do início da década de 1990 voltados para preservação do meio ambiente. Outro ponto conclusivo é que, há uma maior preservação das áreas de mata galeria e ciliar enquanto que as classes de campos úmidos sofrem maiores degradações. A explicação desta observação pode estar ligada a dois fatores: o primeiro com relação às características de relevo menos acidentado dos campos úmidos, que podem ser convertidos em áreas com agropecuária; o segundo diz respeito à preocupação maior em torno das áreas de mata galeria e ciliar, possivelmente por se tratarem de degradações mais notificadas pela mídia, e assim a fiscalização ambiental está mais presente, quando na realidade, todas as classes de áreas úmidas estão protegidas por lei.

Por fim, é inevitável não se fazer menção aos dados obtidos pela imagem *Landsat* de sensor MSS e as dificuldades geradas em muitas métricas analisadas. A necessidade de desenvolver melhores metodologias para extração de informação a esse nível para essas imagens é urgente, tendo em vista a importante aplicação das informações temporais que essas imagens podem nos oferecer, contribuindo com trabalhos de evolução temporal do uso do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises realizadas, este trabalho chegou a conclusões importantes nos estudos relacionados às áreas úmidas e às suas relações com o uso antrópico do solo.

Uma primeira conclusão importante do trabalho diz respeito à metodologia aplicada. As imagens dos satélites Landsat MSS e Landsat5 TM se mostraram satisfatórias no processo de identificação das classes de estudo, com restrições para as imagens de sensor MSS, com resolução espacial de 80 metros. Essas imagens, quando comparadas às imagens de sensor TM, apresentam variações que por muitas vezes acabam destoando dos resultados obtidos pelas imagens TM, de resolução de 30 metros, exigindo ainda mais cuidado nas análises geradas. Tendo em vista essa dificuldade, observa-se a necessidade de desenvolvimento de metodologia para minimizar essas diferenças.

No que diz respeito aos resultados, foi possível observar que as áreas de mata galeria/ciliar têm maior representatividade na bacia, para todos os anos analisados, comprovadas pela maior atenção especificamente a essas áreas possivelmente por se tratarem de degradações mais notificadas pela mídia, e assim a fiscalização ambiental está mais presente, quando na realidade, todas as classes de áreas úmidas estão protegidas por lei. Outra observação interessante, diz respeito às áreas de lagos, que ganharam um novo perfil, de lagos artificiais, em áreas cercadas por áreas de pastagens ou outros usos antrópicos do solo.

Quanto às classes de uso antrópico, o destaque é naturalmente a classe de agricultura, que evolui de forma consistente através dos anos analisados e adota perfil de grandes propriedades rurais, amplamente discutidos por outros pesquisadores (ver ABREU, 2001; BARREIRA, 2004; EMBRAPA CERRADOS, 2005; CASTRO *et al*, 2007). Desta forma, fica comprovado também que esta classe é a que mais avança sobre as áreas úmidas presentes na bacia, caracterizando em vários casos, inclusive, diversos casos de crimes ambientais. Desta forma, este trabalho expõe a necessidade de maior atenção das autoridades ambientais e no combate a esses crimes, buscando cada vez mais amenizar a pressão exercida sobre as áreas úmidas, de modo geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. de. **Planejamento Governamental: a SUDECO no espaço Mato-Grossense. Contexto, propósitos e contradições.** Tese de Doutorado em Geografia Humana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001;

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J., Ed. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. [Planaltina: EMBRAPA-CPAC] São Paulo: Nobel, 1987. P33-98. In: RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. ed. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998 xii + 556 p;

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**. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010;

BARREIRA, C. M. A. **As políticas públicas implementadas em Goiás, a partir de 1966, no contexto dos planos nacionais**, 2004;

Barreira, C. C. M. A., & Cavalcanti, M. A. **Ações da SUDECO no desenvolvimento do Centro-Oeste no estado de Goiás**. Boletim goiano de geografia. Goiânia, v. 31, n. 2, p. 179-191, jul./dez. 2011.

BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Rio Claro - SP. 2003;

BASTOS, L. S.; BARBOSA, M. J.; OLIVEIRA, S. D.. **Polocentro e Prodecer: Apontamentos sobre as transformações territoriais no cerrado brasileiro**. 64ª Reunião Anual da SBPC. São Luiz – MA. 2012;

BONNET, B. R. P. **Relações entre Qualidade da Água e Uso do Solo em Bacias Hidrográficas no Cerrado Brasileiro: Aspectos Físicos e Sociais e Proposição de Diretrizes**. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007;

BRASIL, **LEI Nº 7.511, DE 7 DE JULHO DE 1986**. Código Florestal Brasileiro. Legislação Federal. [sítio eletrônico internet - planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)

BRINSON, M. M.; Lugo, A. E.; Brown, S. Primary productivity, de composition and consumer activity in freshwater wetlands. *Annual Review of Ecology and Systematics*. v. 12, p. 123 - 161, 1981. In.: FRANÇA, A. M. da S., & SANO, E. E. **Análise de Imagens de Satélite para o Mapeamento de Áreas Úmidas do Cerrado**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de

Sensoriamento Remoto. Natal – RN, Brasil. 25-30 de abril de 2009, INPE, p. 967-972;

CABACINHA, C. D.; Castro, S. S.. **Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of fragments in Brazilian Cerrado**. Forest Ecology and Management. 2009. 257: 2157-2165;

CABACINHA,

C.D. **Caracterização Estrutural e Física de Fragmentos de Mata de Galeria na Alta Bacia do Rio Araguaia**. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008;

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO II, F. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling**. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996;

CAMPOS, A. B.; LUIZ, G. C.; MACEDO, R. A. R.; PEIXOTO, V.M.R. **Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no estado de Goiás**. IN: ALMEIDA, M.G. (Org.). Abordagem geográfica de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade. Goiânia: IESA, 2002, p. 91 – 118;

CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. **LANDIC: Cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG**. In: Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2001, 6., Oeiras, Portugal, 28-30 nov., 2001. Anais. Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica - USIG, 2001. Disponível em: <<http://esig2001.tripod.com>>. Acesso em: 26 out. 2009.

CASTRO, S.S.; Queiroz Neto, J.P.. Soil erosion in Brazil, from coffee to the present-day soybean production. In Edgardo Latrubesse (Ed.) **Natural Hazards and Human-Exacerbated Disasters in Latin-America, Special Volumes of Geomorphology**, 13. Elsevier Book of South America. Holanda: Elsevier, 2009 (no prelo);

CASTRO, S. S.; BORGES, R. O.; SILVA, R. A. A. **Estudo da Expansão da Cana-de-Açúcar no Estado de Goiás: Subsídios para uma Avaliação do Potencial de Impactos Ambientais**. Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais no Cultivo da Cana-de-Açúcar no Território Goiano. II Fórum C&T No Cerrado. SBPC. 2007. p. 8 – 17.

CASTRO S.S.; XAVIER, L. S.; BARBALHO, M.S.G., **Atlas Geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguinha: condicionantes dos processos erosivos**

lineares. Instituto de Estudos Sócio -Ambientais, Universidade Federal de Goiás, SEMARH-GO, 2004. 76p;

CLARK, R.; KING, J., **O Atlas da Água.** Tradução Ana Maria Quirino. Publifolha. São Paulo. 2005. 128p;

CUNHA, A.; Mueller, C. C.; Eliseu, R. A. A.; Silva, J. E. da. **Uma Avaliação da Sustentabilidade da Agricultura nos Cerrados.** Brasília, IPEA. 1994;

DUGAN, P. Wetland Conservation. IUCN, 1990. 95p. In.: FRANÇA, A. M. da S., & SANO, E. E. **Análise de Imagens de Satélite para o Mapeamento de Áreas Úmidas do Cerrado.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal – RN, Brasil, 25-30 de abril de 2009, INPE, p. 967-972;

EMBRAPACERRADOS. **III Plano Diretor Embrapa Cerrados.** 2004-2007. Embrapa Cerrados – Planaltina, 2005. 68p.

EITEN, G. Vegetação Natural do Distrito Federal. Universidade de Brasília/SEBRAE, 2001. 162p. In.: FRANÇA, A. M. da S., & SANO, E. E. **Análise de Imagens de Satélite para o Mapeamento de Áreas Úmidas do Cerrado.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal – RN, Brasil. 25-30 de abril de 2009, INPE, p. 967-972;

FARIA, K. M. S. de. **Paisagens Fragmentadas e Viabilidades de Recuperação para a sub-bacia do rio Claro (GO).** Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Federal de Goiás, UFG. Goiânia - GO. 2011;

FARIA, K. M. S. de; Castro, S. S.. **Uso da terra e sua relação com os remanescentes de cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS).** Geografia (Rio Claro) 2007 32, 657-668;

FARIA, K. M. S. de. **Caracterização dos Remanescentes de Cerrado e suas relações com o Uso e Ocupação das Terras da Alta Bacia do Rio Araguaia.** Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Goiás, UFG. Goiânia - GO. 2006;

FERREIRA, I. M. **O Afogar das Veredas. Uma Análise Comparativa Espacial e Temporal das Veredas do Chapadão de Catalão (GO).** Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Rio Claro - SP. 2003;

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002;

FONSECA, C. A. B. da. **Tipologias e os Impactos Ambientais das Terras Úmidas na Alta Bacia do Rio Araguaia - Estado de Goiás.** Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Goiás, UFG. Goiânia - GO. 2010;

FONSECA, C. A. B. da & DE-CAMPOS, A. B. **Degradação Ambiental das Terras Úmidas do Cerrado: Exemplo da Alta Bacia do Rio Araguaia – Estado de Goiás.** Aceito para publicação. REVISTA AGETEO, 2011;

FRANÇA, A. M. da S., & SANO, E. E. **Análise de Imagens de Satélite para Mapeamento de Áreas Úmidas do Cerrado.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal – RN, Brasil. 25-30 de abril de 2009, INPE, p. 967-972;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 2ª Ed. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências. Número 7. Rio de Janeiro - RJ. 2006;

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Tutorial de Geoprocessamento: Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html Acesso em 19 de Novembro de 2010;

KEDDY, P. A. Wetland ecology: principles and conservation. Cambridge University Press, 2000. 614p. In: FRANÇA, A. M. da S., & SANO, E. E. **Análise de Imagens de Satélite para o Mapeamento de Áreas Úmidas do Cerrado.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal – RN, Brasil. 25-30 de abril de 2009, INPE, p. 967-972;

KÖRTING, T. S. **Classificação de Imagens por Regiões.** DPI/INPE. São José dos Campos - SP. 2006; Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~tkorting/projects/iso-seg/material.pdf> Acesso em 19 de Novembro de 2010;

KUHLMANN, E.; Brandão, M.; Laca-Buendia. J. P. **Considerações sobre a cobertura vegetal do Estado de Minas Gerais.** Daphne, Belo Horizonte. v.4, n.1, p.8-16, 1994;

LESPOCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de textos, 2002. 178p;

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p. In: RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. ed. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998 xii + 556p;

NOVAES PINTO, M. Caracterização geomorfológica IN: **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília. 2º edição. Cap. 9. p 285-320.1993;

NOVO, E. M. L. M. Comportamento Espectral da Água. . In: MENESES, P. R. & MADEIRA NETTO, J. S. (Org.). **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília, DF: UNB; Planaltina: EmbrapaCerrados, 2001. 262p;

NUNESDACUNHA,C;JUNK,W.J.DistributionofwoodplantcommunitiesalongthefloodgradientinthePantanalofPoconé,MatoGrosso,Brazil.**InternationalJournalofEcologyandEnvironmentalSciences**,NewDelhi,n.27,p.63-70,2001;

MACHADO, L. E. G. & CEDRO, D. A. B. **Histórico do Uso da Terra e da Expansão da Agropecuária no Município de Barra do Garças – MT, entre 1975 e 2009**. Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada. Anais. Viçosa, MG. 2009;

MADEIRA NETTO, J. S. Comportamento Espectral dos Solos. In: MENESES, P. R. & MADEIRA NETTO, J. S. (Org.). **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília, DF: UNB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262p;

MALTCHIK, L., Bertoluci, V.D.M. & Erba, D.A. Inventário das áreas úmidas do município de São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesqui. Bot.*, 53:79-88. 2003b. In.: MALTCHIK, L.;Rolon, A.S.; Guadagnin,D.L. &Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities**. *ActasLimnol. Bras.* 16(2):137-151. 2004;

MALTCHIK, L., Costa, E.S., Becker, C.G. & Oliveira, A.E. Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil).*Pesqui. Bot.*, 53:89-100. 2003a. In.: MALTCHIK, L.;Rolon, A.S.; Guadagnin,D.L. &Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities**. *ActasLimnol. Bras.* 16(2):137-151. 2004;

MALTCHIK, L., Costa, M.A.J. & Duarte, M.C.D. Inventory of Brazilian semiarid shallow lakes. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 71:801-808. 1999. In.: MALTCHIK, L.;Rolon, A.S.; Guadagnin,D.L. &Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a**

- classification with emphasis on plant communities.** ActasLimnol. Bras. 16(2):137-151. 2004;
- MAMEDE L. et al. Geomorfologia. In: **Projeto RADAMBRASIL.** Folha SE - 22 Goiânia. R.J., 1983. Levantamento de Recursos Naturais, volume 31.
- MARTIN, A.C., Hotchkiss, N., Uhler, F.M. & Bourn, W.S. 1953. Classification of wetlands of the United States. US Fish and Wildlife Service Special Scientific Report Wildlife, Washington. 14p. In.: MALTCHIK, L.; Rolon, A.S.; Guadagnin, D.L. & Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities.** ActasLimnol. Bras. 16(2):137-151. 2004;
- MARTIUS, C. F. Ph. von. A fisionomia do reino vegetal no Brasil. Arquivos do Museu Paranaense, v.3, p. 239-271, 1943. In.: WALTER, B. M. T. **Fisionomias do bioma Cerrado: Síntese terminológica e relações florísticas.** Tese de Doutorado em Ecologia, Universidade de Brasília. 2006;
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade Brasileira: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros.** Brasília, 2002. 404p;
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Zoneamento Ecológico Econômico da Área Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno: Fase I. Volumes I, II e III.** 2003. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/media/relat_zee_ride.pdf.> Acesso em 04 de Fevereiro de 2009;
- MITSH, W.J.; Gosselink, J.G. **Wetlands.** John Wiley & Sons, 2000. 920p;
- MOREIRA, R. J. **Críticas ambientalistas à Revolução Verde.** X World Congress of Rural Sociology – IRSA e no XXXVII Brazilian Congress of Rural Economic and Sociology – Sober, Workshop n. 38. Greening of agriculture. Rio de Janeiro, 2000;
- NARANJO, L.G. An evaluation of the first inventory of South American wetlands. Vegetatio, 118:125-129. 1995. In.: MALTCHIK, L.; Rolon, A.S.; Guadagnin, D.L. & Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities.** ActasLimnol. Bras. 16(2):137-151. 2004;

PAIJMANS, K., Galloway, R. W., Faith, D. P., Fleming, P.M., Haantjens, H.A., Heyligers, P.C., Kalma, J.D. & Loffler, E. Aspects of Australian wetlands. CSIRO, Melbourne. 1985. 244p. In.: MALTCHIK, L.;Rolon, A.S.; Guadagnin,D.L. &Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities**. ActasLimnol. Bras. 16(2):137-151. 2004;

PEQUI. **Áreas Úmidas de Cerrado: Por Que Conservar? Características Gerais do Bioma Cerrado e de Suas Áreas Úmidas**. Brasília. 2005;

RAMSARCONVENTIONSECRETARIAT.**TheRamsarConventionManual:aguideto** ⁶⁸
nventiononWetlands(Ramsar,Iran,1971)3rded.RamsarConventionSecretariat,Gland,Switz
erland,2004.Disponível em: http://www.ramsar.org/lib/lib_manual2004e.htm.Acesso em5junhode2010>;

RIBEIRO, J. F.;Walter, B., T. As principais fitofisionomias do BiomaCerrado.In:Sano,S.M; Almeida,S.P. **Cerrado: Ecologiae flora**.Embrapa Cerrados.Brasília,DF:Embrapa Informação Tecnológica,2008;

RIBEIRO, J. F. & Walter, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. ed. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998 xii + 556 p;

Santana,N.M.P.deetal.**Chuvas,Erosividade,Usodosoloesuasrelaçõescomfocoserosi vos lineares na Alta Bacia do Rio Araguaia**. SociedadeeNatureza, 19 (2):103-121. 2007;

SCOTT, D.A. & Carbonell, M. (eds.) Inventario de humedales de La Región Neotropical. Slimbridge, IWRB-UINC. 1986. 714p. In.: MALTCHIK, L.;Rolon, A.S.; Guadagnin,D.L. & Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities**. Acta Limnol. Bras. 16(2):137-151. 2004;

SILVA, R. A. A. **Arenização/ Desertificação Na Alta Bacia Do Rio Araguaia,No Estado De Goiás: Estudo Das Tipologias, Gênese E Da Distribuição Dos Areais**. Relatório deQualificação. Doutorado emGeografia,UniversidadeFederal de Goiás, Goiânia, 2009;

SOARES FILHO, B. S. **Análise da Paisagem: fragmentação e Mudança**. Belo Horizonte:Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento remot. Instituto de Geociências.UFMG, 1998. 88p.

TARNOCAI, C. Canadianwetland registry. In: Rubec, C.D.A. & Pollett, F.C. (eds.) Workshop on CanadianWetlands. Lands directorate, Environment Canada, Ottawa. 1980. p.9-30. In.: MALTCHIK, L.; Rolon, A.S.; Guadagnin, D.L. & Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities.** ActasLimnol. Bras. 16(2):137-151. 2004;

TEIXEIRA, C. V. **Uso do Sensoriamento Remoto para Delimitação e Identificação de Áreas Inundáveis (Várzea) na Bacia Amazônica.**2008. 84 p. Dissertação de

Mestrado na Área de Processamento de Dados em Geologia e Análise Ambiental
Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. Brasília. 2008;

TENAGLIA, G. C.; Cabacinha, C. D.; Faria, K. M. S.; Siqueira, M. N. & Lima, J. C. S. **Cobertura Florestal do Município de Rio Verde, GO:**

Estrutura e Composição da Paisagem entre 2005 e 2008.

GEOGRAFIA, Rio Claro, v.36, n.2, p.335-357, mai./ago.2011;

TINER, R.W. Wetland indicators. Lewis Publishers, New York. 392p. 1999. In.: MALTCHIK, L.; Rolon, A.S.; Guadagnin, D.L. & Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities.** Acta Limnol. Bras. 16(2):137-151. 2004;

YAVITT, J. B. Carbon dynamics in Appalachian peatlands of west Virginia and western Maryland. Water, Air and Soil pollution. v.77, p.271-290, 1994. In.: FRANÇA, A. M. da S., & SANO, E. E. **Análise de Imagens de Satélite para o Mapeamento de Áreas Úmidas do Cerrado.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal – RN, Brasil. 25-30 de abril de 2009, INPE, p. 967-972;

VOLOTÃO, C.F. de SÁ. **Trabalho de análise espacial: Métricas do Fragstats.** São José dos Campos – SP, INPE: 45p. 1998;

WALTER, B. M. T. **Fisionomias do bioma Cerrado: Síntese terminológica e relações florísticas.** Tese de Doutorado em Ecologia, Universidade de Brasília. 2006;

WILLEN, B.O. & Bates, M.K. The US Fish and Wildlife Service's National Wetlands Inventory Project. Vegetation, 118:153-169. 1995. In.: MALTCHIK, L.; Rolon, A.S.; Guadagnin, D.L. & Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities.** Actas Limnol. Bras. 16(2):137-151. 2004;

WWF-Brasil. **O que são áreas úmidas?** Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/areas_umidas/. 2006. Acesso em: 28 de julho de 2011>;

WWF-Brasil. **Bioma Cerrado.** Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_cerrado/. 2006. Acesso em: 30 de julho de 2011>;

ZOLTAI, S.C., Pollett, F.C., Jeglum, J.K. & Adams, G.D. 1975. Developing a wetland classification in Canada. In: Bernier, B. & Winget, C.H. (eds.) Proceedings of the 170 North American Forest Soils Conference. Laval University Press, Canada, p.49. ...
In.: MALTCHIK, L.; Rolon, A.S.; Guadagnin, D.L. & Stenert, C. **Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities.** Actas Limnol. Bras. 16(2):137-151. 2004.