



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ – REITORIA DE PESQUISA E PÓS – GRADUAÇÃO
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**INFLUÊNCIA DO EFEITO DE BORDA, DA PERDA DE HABITAT E DE
FATORES ABIÓTICOS NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE LENHOSA EM
FRAGMENTOS DE CERRADO DENSO NA ALTA BACIA DO RIO
ARAGUAIA**

MARIANA NASCIMENTO SIQUEIRA

Goiânia, março de 2016

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: Mariana Nascimento Siqueira

Título do trabalho: Influência do efeito de borda, da perda de habitat e de fatores abióticos na estrutura da comunidade lenhosa em fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do (a) autor (a)

Data: 16 / 03 / 2017

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ – REITORIA DE PESQUISA E PÓS – GRADUAÇÃO
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

INFLUÊNCIA DO EFEITO DE BORDA, DA PERDA DE HABITAT E DE
FATORES ABIÓTICOS NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE LENHOSA EM
FRAGMENTOS DE CERRADO DENSO NA ALTA BACIA DO RIO
ARAGUAIA

Mariana Nascimento Siqueira

Orientadora: Prof^a Dr^a Selma Simões de Castro

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências – nível Doutorado, da Universidade Federal de Goiás, como Requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Goiânia, março de 2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Siqueira, Mariana Nascimento
Influência do efeito de borda, da perda de habitat e de fatores abióticos na estrutura da comunidade lenhosa em fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia [manuscrito] / Mariana Nascimento Siqueira. - 2016.
8, 92 f.: il.

Orientador: Profa. Selma Simões de Castro.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Pró-reitoria de Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Goiânia, 2016.
Bibliografia.

1. Fragmentação. 2. Similaridade. 3. Matriz de Pastagem. 4. Sub-bacia do Rio Claro. 5. Sub-bacia do Rio Garças. I. Castro, Selma Simões de, orient. II. Título.

CDU 502/504



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ATA DA DEFESA PÚBLICA DE TESE Nº 001/2016

Aos oito dias do mês de março do ano de dois mil e dezesseis, às quatorze horas, reuniu-se no Auditório do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás – IESA/UFG, a Banca Examinadora composta pelos: Prof.^a Dr.^a Selma Simões de Castro – CIAMB, Prof. Dr. Paulo De Marco Junior – CIAMB, Prof. Dr. Frederico A. G. Guilherme – Instituto de Biociência/PPGGEO – UFG Jataí, Prof.^a Dr.^a Karla Maria Silva de Faria – IESA/CIAMB - UFG e a Prof.^a Dr.^a Renata Santos Momoli – IESA/UFG para, sob a presidência da primeira, proceder a defesa da Tese intitulada: “**Influência do efeito de borda, da perda de habitat e de fatores abióticos na estrutura da comunidade lenhosa em fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia**”, de autoria de Mariana Nascimento Siqueira, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB), área de concentração em Estrutura e Dinâmica Ambiental. Foi realizada a avaliação oral no sistema de apresentação e defesa de relatório de autoria da discente. Terminada a avaliação oral, a Banca Examinadora reuniu-se emitindo os seguintes pareceres mediante as justificativas e sugestões abaixo:

| Membro da Banca | Parecer (Aprovado/Reprovado) | Assinatura |
|---|------------------------------|------------|
| Dr. ^a Selma Simões de Castro | APROVADO | |
| Dr. Paulo De Marco Junior | APROVADO | |
| Dr. Frederico A. G. Guilherme | APROVADO | |
| Dr. ^a Karla Maria Silva de Faria | APROVADO | |
| Dr. ^a Renata Santos Momoli | APROVADO | |

JUSTIFICATIVAS e SUGESTÕES:

Após a avaliação, a referida candidata foi considerada APROVADA na defesa de tese. Às 19:10 horas, a Prof.^a Dr.^a Selma Simões de Castro, Presidente da Banca Examinadora, deu por encerrada a sessão e, para constar, lavrou-se a presente Ata.

Prof. Dr. Paulo De Marco Junior
Membro Titular

Prof. Dr. Frederico A. G. Guilherme
Membro Titular

Prof.^a Dr.^a Karla Maria Silva de Faria
Membro Titular

Prof.^a Dr.^a Renata Santos Momoli
Membro Titular

Prof.^a Dr.^a Selma Simões de Castro
Presidente

Dedico esta pesquisa a todos os familiares e amigos que sofreram com minha ausência nos momentos mais exigentes! Também dedico a todos que sonham em continuar estudando e buscando contribuições para um mundo melhor!

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Selma Simões de Castro por ter me aberto as portas da academia depois de um longo período ausente dela, por ter confiado a mim parcela de seus Projetos de Pesquisa e por ter me orientado nesses últimos 6 anos.

À Professora Dra. Karla Maria S. de Faria por ter me apresentado sua pesquisa e permitido que eu participasse dela e me encantasse com a academia novamente. Agradeço ainda pelo exemplo que se tornou para mim como profissional, pelo caráter que tento sempre levar como exemplo!

À minha família que me apoia sempre nos meus sonhos, me incentivando a nunca desistir e sempre ter fé! Em especial, ao querido Alessandro R. de Moraes, que além de esposo e companheiro mesmo nos momentos mais difíceis, também é um profissional admirável e que sempre soube contribuir com suas críticas construtivas à minha pesquisa.

A todos os colegas e amigos do Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física – LABOGEF, em especial àqueles que se desdobraram em campo para me auxiliar com as coletas de dados, Hellbia Samara M. de C. Rodrigues, Lucas Espíndola Rosa e a Prof^a Dra. Karla Maria S. de Faria.

Também ao querido Alessandro R. de Moraes e ao querido Sebastião de Souza Silva pelo auxílio em campo.

Aos colegas do Theory, Metapopulation and Landscape Ecology Lab – TheMetaLand pela convivência, em especial ao Prof. Dr. Thiago Bernardi Vieira por compartilhar a operacionalização de algumas análises estatísticas e à Maria do Carmo Lagos pela amizade.

À Professora Dra. Gisele Cristina de O. Menino, do Instituto Federal Goiano de Rio Verde por auxiliar na identificação de parcela do material botânico e compartilhar seu conhecimento em algumas análises da comunidade de plantas lenhosas.

Aos Professores Drs. José Afonso Brod e Dra. Tereza Cristina Junqueira Brod pelo apoio logístico.

Aos novos amigos e colegas de trabalho da Universidade de Rio Verde, que estão torcendo pelo meu sucesso nesta tese.

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.”

Charles Chaplin

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. ÁREA DE ESTUDO | 22 |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 28 |
| 4. ARTIGOS | 34 |
| 1º ARTIGO (Woody plant community structure in Dense Cerrado fragments in the Upper Basin of the Araguaia River: relationship with habitat loss and geographic distance) | 34 |
| Introduction | 36 |
| Material and methods | 37 |
| Results | 40 |
| Discussion | 45 |
| References | 47 |
| 2º ARTIGO (O efeito de borda em remanescente de Cerrado Denso na Alta Bacia do rio Araguaia, Brasil Central) | 52 |
| Introdução | 55 |
| Material e Métodos | 56 |
| Resultados | 59 |
| Discussão | 68 |
| Referências Bibliográficas | 71 |
| 3º ARTIGO (Relação entre fatores abióticos e a estrutura da comunidade de plantas lenhosas em fragmentos de Cerrado Denso no Brasil Central) | 77 |
| Introdução | 80 |
| Material e Métodos | 82 |
| Resultados | 86 |
| Discussão | 96 |
| Referências Bibliográficas | 99 |
| 5. CONCLUSÃO | 104 |

RESUMO

As mudanças antrópicas na cobertura do solo têm ocasionado um processo denominado fragmentação de ecossistemas, que geram consequências diversas para a biodiversidade como perda, isolamento e forma do habitat, matriz antrópica, efeito de borda e outras interferências antrópicas. Poucos estudos avaliando efeitos da fragmentação ocorreram em áreas de Cerrado, especialmente avaliando consequências na estrutura da vegetação de formações savânicas e os atributos abióticos. Com o objetivo de preencher essas lacunas, a presente pesquisa selecionou 17 fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia, que representa bem os processos de fragmentação antrópica no Cerrado. Optou-se pela Sub-bacia mais degradada e pela mais conservada, a Sub-bacia do Rio Claro e Sub-bacia do Rio Garças, respectivamente. Os fragmentos foram selecionados sobre Neossolos Quartzarênicos, solos considerados frágeis do ponto de vista ambiental. A matriz de todos os fragmentos foi a pastagem e todos eles apresentavam área superior à 50 ha. Para a área de estudo, buscou-se responder as seguintes questões: 1) Qual a porcentagem de área perdida pelos fragmentos de Cerrado Denso ao longo dos últimos 30 anos? 2) Como a perda de área pode influenciar a estrutura da comunidade de planta lenhosa em fragmentos de Cerrado Denso? 3) A similaridade de espécies diminui com o aumento da distância geográfica entre os fragmentos amostrados? 4) O gradiente borda-interior afeta a estrutura da comunidade de plantas lenhosas? 5) Como se comportam as variáveis microclimáticas e físico-químicas do solo ao longo de um gradiente borda-interior? 6) A estrutura da comunidade de plantas lenhosa é influenciada pelas características microclimáticas e físico-químicas do solo? Diante dessas questões, foram coletadas amostras da vegetação lenhosa através do método de parcelas de 20 x 50 m, em três ambientes distintos de cada fragmento (ambiente de borda, intermediário e central), incluindo todos os indivíduos lenhosos com diâmetro a 30 cm do solo maior ou igual a 5 cm. Os solos foram coletados em todas as parcelas e na pastagem para análise físico-química. A temperatura do ar, do solo, umidade relativa do ar, altitude, posição geográfica e intensidade luminosa foram coletadas no ponto de coleta de solos. Como resultados, registrou-se 8.749 indivíduos lenhosos, distribuídos em 131 espécies nos 17 fragmentos. Observou-se que a área dos fragmentos estudados reduziu significativamente entre os anos de 1985 e 2013, mas a perda histórica de área dos fragmentos e a área atual não apresentaram relação com a estrutura da comunidade lenhosa e a diversidade de

espécies. Também não foi observada uma correlação entre a similaridade de espécies e a distância entre os fragmentos amostrados. Adicionalmente, constatou-se que dos espécimes amostrados, 2877 indivíduos em 116 espécies eram de ambiente de borda, 3038 indivíduos em 110 espécies de ambiente intermediário e 2995 indivíduos em 107 espécies do centro dos fragmentos. No entanto, não foram encontradas alterações na composição e estrutura da comunidade lenhosa ao longo do gradiente borda-interior. As variáveis abióticas não diferiram ao longo do gradiente pasto-borda-interior nos fragmentos analisados. Entretanto, estas variáveis diferiram entre as duas Sub-bacias amostradas, em que a Sub-bacia do rio Claro apresentou os maiores valores de Ca/CTC e Ca/K, relacionadas com a disponibilidade de nutrientes no solo. Também registrou-se que a distribuição espacial de espécies vegetais foi influenciada por variáveis abióticas, como altitude, umidade, silte, matéria orgânica, pH e cálcio.

Palavras chave: Fragmentação, Similaridade, Matriz de Pastagem, Sub-bacia do Rio Claro, Sub-bacia do Rio Garças

ABSTRACT

Anthropogenic changes have changed land cover patterns and caused fragmentation of ecosystems. These changes have several consequences for biodiversity, such as habitat loss and isolation, creation of anthropic matrix, and edge effect. Few studies have evaluated the effects of fragmentation in the Cerrado, especially the effects on vegetation structure and abiotic attributes of savanna formations. Here, we sampled 17 fragments of Dense Cerrado in the Upper Rio Araguaia basin, which is a highly fragmented area. Specifically, we compared the more altered Sub-basin of the Rio Claro with the more conserved Sub-basin Rio Garças. Fragments had the fragile Quartzipsamment soils. All fragments were larger than 50 ha and had pasture matrix. Specifically, we asked the following questions: 1) What is the percentage of area lost by fragments in the last 30 years? 2) How area loss influence the woody plant community structure? 3) The species composition similarity decreases with geographical distance between fragments? 4) The edge-interior gradient affects the woody plant community structure? 5) How microclimate and physico-chemical variables vary along an edge-interior gradient? 6) The community structure of woody plants is influenced by microclimate and physico-chemical characteristics of the soil? We sampled all woody plants with diameter ground higher than 30 cm or equal to 5 cm, in three 20 x 50 m plots along a edge-interior gradient in each fragment. We collected soils between 0 to 20 cm deep in all plots and the matrix. The air and soil temperatures, air humidity, altitude, geographical position, and light intensity were collected along with soil samples. We recorded 8,749 woody plants, belonging to 131 species. Fragment area was significantly reduced between 1985 and 2013, but the historical and current area were not associated with community structure and species diversity. We also did not find a correlation between compositional similarity and geographic distance between fragments. Additionally, 2,877 individuals of 116 species occurred at the edge, 3,038 individuals of 110 species occurred at intermediate environments, and 2,995 individuals of 107 species occurred in the center of fragments. However, species composition and community structure did not differ along the edge-interior gradient. Also, abiotic variables did not differ along the matrix-edge-interior gradient. However, these variables differed between the two sub-basins. The Rio Claro Sub-basin had higher values of Ca/CTC and

Ca/K, which are related to nutrient availability in the soil. The spatial distribution of plant species was influenced by altitude, humidity, silt, organic matter, pH, and calcium.

Keywords: Fragmentation, Similarity, Pasture Matrix, Sub-basin of the Rio Claro, Sub-basin of the Rio das Garças

1. INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, têm crescido o número de pesquisas focando os impactos ambientais resultantes do processo de fragmentação da paisagem e isolamento dos remanescentes vegetacionais, acarretando, em longo prazo, uma inviabilidade na manutenção da biodiversidade, tanto em escala local como regional (Tabarelli *et al.*, 2004; Haddad *et al.*, 2015). Assim, é necessário o estabelecimento de ações prioritárias relacionadas à conservação, preservação e restauração da cobertura vegetal. Ceballos *et al.* (2015) apontam a urgência em intensificar esforços de conservação para se evitar uma deterioração dramática da biodiversidade e da perda de serviços ecossistêmicos que vêm se instalando devido às estimativas atuais que apontam para uma sexta extinção em massa de espécies.

Dentre os fatores responsáveis pela redução da biodiversidade está o processo de fragmentação, que é definido de várias formas, mas especialmente por habitats contínuos que vão se transformando em pequenos remanescentes, isolados uns dos outros e mergulhados em paisagens alteradas (Olifiers e Cerqueira, 2006; Pires *et al.*, 2006; Haddad *et al.*, 2015). Contudo, Betts *et al.* (2014) lembram que, independente do conceito, o impacto mais claro da mudança da paisagem em escala local, é a diminuição da área nos fragmentos remanescentes e as consequências desta sobre as espécies.

Outras alterações, além da perda de habitat, são observadas no processo de fragmentação. Autores destacam que as consequências da fragmentação sobre a perda de biodiversidade são decorrência dos parâmetros temporais (Brooks *et al.*, 1999; Colli *et al.*, 2005; Pires *et al.*, 2006; Scariot *et al.*, 2006; Fisher e Lindenmayer, 2007; Cayuela *et al.*, 2009), assim como do isolamento, da forma, do tamanho e da matriz circundante do fragmento, da ocorrência de perturbações naturais e antrópicas (Bierregaard *et al.*, 1992, Pires *et al.*, 2006; Scariot *et al.*, 2006) e, do efeito de borda (Bierregaard *et al.*, 1992, Murcia, 1995; Paglia *et al.*, 2006; Pires *et al.*, 2006). Tais parâmetros devem ser considerados quando da avaliação dos efeitos da fragmentação (Bierregaard *et al.*, 1992, Colli *et al.*, 2005; Scariot *et al.*, 2006).

Eles têm influenciado particularmente a biota de florestas, acarretando mudanças nas interações entre as espécies, extinções locais, colapso da biomassa e invasão de espécies exóticas (Bierregaard *et al.*, 1992), agindo de forma isolada ou combinada, potencializando ainda mais as consequências negativas da degradação na biodiversidade (Fahrig, 2003) e

promovendo perdas de serviços ecossistêmicos importantes para o homem (Haddad *et al.*, 2015). No entanto, Haddad *et al.* (2015) chamam a atenção sobre a incerteza do papel da redução do tamanho do fragmento e o aumento do seu isolamento para explicarem o declínio da biodiversidade e a degradação dos ecossistemas, pois destacam que a longo prazo, os efeitos são progressivos, propiciando três processos que podem ocorrer nos fragmentos, sendo o débito de extinção, o atraso de imigração e o débito de funções de ecossistema.

Avaliando os efeitos da fragmentação de maneira isolada, no que se refere ao efeito de borda, tem-se que este é o resultado da interação entre dois ambientes adjacentes, quando separados por uma transição abrupta (Murcia, 1995) e no caso da fragmentação antrópica, resulta em amplas zonas de contato entre o habitat original e os habitats alterados ao redor do fragmento (Pires *et al.*, 2006). Portanto, habitats fragmentados apresentam grande relação entre perímetro e a área total. Com isso as espécies que habitam tais ambientes são expostas mais intensamente a condições características de bordas (Pires *et al.*, 2006; Murcia, 1995). Diante das alterações nas condições microambientais, de abundância e distribuição das espécies em bordas e na funcionalidade do ecossistema, Murcia (1995) classifica o efeito de borda em três níveis: efeito abiótico, biológico direto e indireto, sendo respectivamente, alterações em padrões microclimáticos e consequente mudanças no solo e disponibilidade hídrica, alterações na composição de espécies devido as alterações abióticas e, alterações nas relações entre os organismos.

Em áreas submetidas ao processo de desmatamento, as variáveis microclimáticas podem apresentar um gradiente de borda que pode adentrar até dezenas de metros em direção ao interior do fragmento (Stevens e Husband, 1998). As diferenças de tolerância aos efeitos microclimáticos e às mudanças estruturais da vegetação (*e.g.*, distribuição, abundância, riqueza e diversidade) tendem a ser alterados pelo efeito de borda. Adicionalmente, a perda de diversidade de fauna, o predomínio de espécies pioneiras de plantas como trepadeiras e lianas nas bordas, a invasão e a competição nas bordas por determinadas espécies são consequências do processo de fragmentação (Pires *et al.*, 2006).

Segundo Turner (1996), a extinção local e regional de espécies de árvores sensíveis à fragmentação irá promover extinções em níveis tróficos superiores e/ou extinções em cascata. Por outro lado, espécies tolerantes às perturbações antrópicas, principalmente

árvores e arbustos pioneiros, tenderão a dominar os fragmentos (Laurence e Bierregaard, 1997). Harper *et al.* (2005) destacam a importância em analisar a resposta do efeito de borda sobre a estrutura da vegetação, pois a mesma responde fisicamente a tais efeitos, além de ser o componente mais dominante no ecossistema, fornecendo ainda, recursos à fauna. Acrescentam que estas respostas são consideradas efeitos secundários de borda, sendo as pesquisas nesta área bastante escassas. As alterações estruturais na borda tendem a permanecer por várias décadas após o isolamento (Pires *et al.*, 2006; Cayuela *et al.*, 2009).

No entanto, Kies e Sisk (2004) apontam que respostas de borda podem ser neutras de acordo com o Modelo baseado nos recursos de borda, uma vez que o modelo prevê mudanças na abundância de indivíduos em borda com base no padrão de distribuição dos recursos entre os ambientes. Os autores defendem que a disponibilidade de recurso de um ambiente para outro é o fator que irá determinar que, no ambiente que detém maior abundância de indivíduos será o local do habitat com maior quantidade de recurso e, o ambiente com menor abundância terá menos recurso disponível. Então, o que pode afetar uma borda após a mudança na configuração da paisagem por perda de habitat e fragmentação pode ser a ausência ou não do recurso.

Frente aos avanços de perda de vegetação natural, Tabarelli e Gascon (2005) consideram a perda e a fragmentação de habitats como as maiores ameaças para a biodiversidade. Aquino e Miranda (2008) chamam a atenção para o fato de que poucos trabalhos estudaram essas consequências da fragmentação e perda de habitat no bioma Cerrado e em sua vegetação. Por essa razão estes autores enfatizam a necessidade de estudos sobre esse tema, visando gerar respostas sobre as variações temporais e espaciais, especialmente ao longo da borda-interior de fragmentos de Cerrado.

De acordo com Aguiar *et al.* (2004), o Cerrado representa a principal região produtora de grãos e gado de corte do país, principalmente devido à sua topografia, tipo de solo e facilidade de desmatamentos de áreas nativas, em especial nas últimas quatro décadas. Klink e Machado (2005) afirmam que cerca da metade da área original do Cerrado foi transformada em pastagens plantadas (500.000 Km²), em culturas (100.000 Km²) e em outros tipos de uso (400.000 Km²). A área para a conservação é de cerca de 33.000 Km², que segundo os autores, é claramente insuficiente para essa finalidade. Beuche *et al.* (2015) concluíram que em 2010 a cobertura natural de remanescentes de Cerrado já havia reduzido

para 47%. Soares-Filho *et al.* (2014) avaliam que as políticas ambientais brasileiras ainda vão permitir desmatamentos adicionais no Cerrado.

Aquino e Miranda (2008) discutem as principais consequências da fragmentação antrópica no Cerrado, incluindo seus efeitos sobre a flora e, estas permeiam: (1) a diminuição e alteração da área, gerando a eliminação de determinadas espécies nativas; (2) o aumento da competitividade como consequência do aumento da densidade populacional de determinadas espécies ocasionadas pelo efeito de reunião; (3) a redução de fluxo gênico devido à barreira e isolamentos, o que pode ocasionar a extinção de espécies; (4) a extinção em decorrência da redução de recursos naturais disponíveis; (5) a introdução de espécies alóctones, como as gramíneas exóticas que já são uma realidade em diversos fragmentos de distintas fitofisionomias de Cerrado e, (6) o efeito de borda, que responde de diversas maneiras nas distintas fitofisionomias do Cerrado. Portanto, fica explícita a necessidade de monitoramento do bioma Cerrado para a compreensão das alterações ambientais, de modo que o planejamento e a elaboração de políticas para a sua conservação, preservação e desenvolvimento sustentável possam ser delineadas de maneira adequadas.

Deve-se ressaltar que no Brasil a composição florística de comunidades vegetais ainda é desconhecida em extensões consideráveis de seu território florestado e, em razão do lamentável estado de conservação da maioria das suas formações vegetais (Silva Júnior, 2004; Castro *et al.*, 1999). Para Silva Júnior (2004) e Gomes *et al.* (2004), levantamentos da composição florística e da estrutura comunitária da vegetação natural são, por isso, de grande importância. Adicionalmente, Gomes *et al.* (2004) destacam a importância de tais levantamentos para o desenvolvimento da teoria ecológica e fitogeográfica, pois geram informações sobre a distribuição geográfica das espécies e permitem que se amplie o conhecimento sobre a abundância das espécies em diferentes locais, fornecendo bases consistentes para a criação de unidades de conservação. Nesse sentido, destaca-se a iniciativa do Projeto de Conservação e Uso Sustentável da Diversidade Biológica do Brasil (PROBIO), ao determinar que a ênfase dos trabalhos para as 900 áreas prioritárias para a conservação e uso sustentável no país, deveria ser dada à distribuição, extensão e representação dos tipos de vegetação com pouca alteração (Giulietti *et al.*, 2005).

Por outro lado, a variação pedológica no bioma Cerrado proporciona uma variação estrutural da composição florística (Durigan *et al.*, 2003) que também é influenciada por

outros fatores abióticos como o clima (Durigan *et al.*, 2003), o fogo (Ratter *et al.*, 1996; Dezzeo *et al.*, 2004) e disponibilidade hídrica dos solos (Ferreira e Ribeiro, 2001), dentre outros aspectos. A variação pedológica, no entanto, somada às diferenças geomorfológicas, topográficas e climáticas geram, inclusive, a chamada fragmentação natural do bioma Cerrado, através de mosaicos originais (Aquino e Miranda, 2008). Portanto, é importante avaliar se possíveis mudanças na estrutura de um fragmento são respostas à fragmentação antrópica, ou simplesmente respostas aos componentes edafoclimáticos.

Diante desse cenário de composição da estrutura da vegetação, Nekola et al (1999) destacam que diferenças nas paisagens também podem surgir devido aos padrões dos organismos colonizadores, bem como devido ao potencial de dispersão dos mesmos. Destacam que diferentes grupos de organismos podem surgir devido diferentes habilidades de dispersão, alidado a forma como as espécies se comportam frente a uma determinada confiração espacial de habitat, sassim como fatores que interagem com o fator tempo, especialmente a vagilidade da espécie ao atravessar um padrão espacial. Nesse sentido, pode ocorrer decaimento da similaridade de espécies com a distância, que poder ser corroborado pela “Teoria neutra unificada de biodiversidade e Biogeografia”, que indica que a deterioração com adistância surge através do saldo entre especiação e extinção estocástica em paisagens saturadas (Palmer, 2005).

Por outro lado, Palmer (2005) acrescenta que a homogeneidade de ambientes é um grande impedimento para a teoria neutra, uma vez que os organismos respondem fortemente à variação espacial no ambiente e que na maior parte da redução da similaridade, o fator determinante é o aumento da heterogeneidade ambiental e não necessariamente à distância em si. Nekola et al (1999) acrescentam que as taxas de similaridade também podem variar de acordo com as características do ambiente como distância, tempo de configuração da paisagem, mas também devido a características dos organismos como amplitude do nicho ecológico e habilidades de dispersão.

Recentes pesquisas abordando os aspectos de ecologia da paisagem têm focado os remanescentes de vegetação do bioma Cerrado (Carvalho *et al.*, 2009; Cabacinha *et al.*, 2010; Faria *et al.*, 2010; Carneiro *et al.*, 2011). Convém lembrar que este bioma, de acordo com Mittermeier *et al.* (2004), é considerado um dos 34 *hotspots* de biodiversidade, por apresentar um alto índice de espécies endêmicas submetidas a um elevado nível de

degradação ambiental. Devido a essa degradação elevada, é possível que este bioma esteja perdendo espécies ainda não conhecidas pela ciência (Diniz-Filho *et al.*, 2005) e diante da sexta extinção em massa mundial, pode ser que a oportunidade para evitar a deterioração da biodiversidade esteja passando rapidamente (Ceballos *et al.*, 2015).

Entretanto, além da elevada taxa de endemismo, observa-se no Cerrado três grandes tipos de fitofisionomias: Formações Florestais, Savânicas e Campestres, as quais podem apresentar vários subtipos, inseridos numa região de clima Aw segundo Köppen com duas estações bem definidas: uma chuvosa (outubro a março) e outra seca (abril a setembro) (Ribeiro e Walter, 2008). Essas formações parecem responder de maneiras diferentes ao processo de fragmentação e perda de habitat (Aquino e Miranda, 2008).

A Alta Bacia do Rio Araguaia (ABA), focada no presente estudo e com remanescentes significativos de Cerrado sentido restrito, situa-se na porção sudoeste do Bioma Cerrado, e é uma área representativa das transformações sócio-econômicas e ambientais, sobretudo mais recentes, sofridas pelo Bioma Cerrado, e por isso tem sido alvo de diversas pesquisas agrupadas no Programa PAMIRA – Programa de Desenvolvimento da Bacia do rio Araguaia (Faria, 2001; Barbalho, 2002; Marinho, 2003; Castro *et al.*, 2004; Silva, 2006; Faria e Castro, 2007; Faria *et al.*, 2012), junto ao LABOGEF – Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física do IESA/UFG. Esses trabalhos correlacionaram os impactos ambientais, a exemplo da erosão hídrica, desertificação induzida, assoreamento e fragmentação, associadas no tempo e no espaço à expansão de atividades agrícolas nas últimas quatro décadas.

Segundo Faria (2007) e Faria e Castro (2007), os impactos relacionados especialmente à fragmentação da vegetação afetaram mais as fitofisionomias vulneráveis da ABA, as quais estavam em solos mais produtivos como as formações florestais ou similares (lenhosas). Ressaltam que a fragmentação se espacializou de forma diferenciada entre as Sub-bacias que compõem a ABA (Cachoeira Grande, Rio dos Peixes, Rio das Garças, Rio Caiapó e Rio Claro), e além do modelo de ocupação, relacionaram essa diferença às limitações físicas e ao desenvolvimento econômico, em especial à aptidão agrícola. Pode-se dizer que a Sub-bacia Cachoeira Grande (conhecida como das Nascentes do rio Araguaia ou Setor Sul da ABA) está degradada, mas apresenta condições de recuperação através da implementação de mini-corredores ecológicos unindo os remanescentes (Cabacinha, 2008;

Castro *et al.*, 2004). As Sub-bacias do Rio dos Peixes e das Garças encontram-se relativamente mais conservadas, esta mais; e as duas restantes correspondem às mais degradadas. Segundo Faria (2011); Faria e Castro (2012) e Faria *et al.* (2012) a do Rio Claro é a mais degradada, porém, apresenta condições variadas de grau de conservação dos seus remanescentes, com porção mais ao sul-sudeste apresentando melhores condições de recuperação, razão pela qual as autoras corroboram e melhoram a proposta como área prioritária para conservação da biodiversidade. Contrariamente, trabalhos preliminares realizados na Sub-bacia do rio Garças revelaram tratar-se de área com notável continuidade dos remanescentes, ainda que levantamentos em campo recentes permitam constatar diferentes graus de degradação (Siqueira, 2012).

Em síntese, pode-se afirmar que a degradação é maior a leste da ABA, no estado de Goiás, enquanto a oeste, é bem menor, sobretudo do lado do Mato Grosso, o que poderia estar relacionado ao avanço da fronteira agrícola que se deu de leste para oeste e de sul para o norte, aproximadamente, e também às áreas selecionadas pelo Polocentro (1975-79) situadas no interior da ABA e cuja repercussão se estendeu até a década de 1980.

Em continuidade às pesquisas anteriores realizadas na ABA e pelas razões aqui expostas, as duas Sub-bacias – do rio Claro a leste (mais degradada) e do rio Garças a oeste (menos degradada) - foram selecionadas para o aprofundamento da pesquisa relativa à uma abordagem de ecologia da paisagem, de modo a permitir uma comparação entre os remanescentes. Assim, o presente estudo baseia-se em algumas hipóteses de acordo com as teorias apresentadas. A primeira delas refere-se aos efeitos da fragmentação frente aos programas governamentais de desenvolvimento econômico, na qual investigamos se a área perdida pelos fragmentos de Cerrado Denso ao longo dos últimos 30 anos foi significativa (1). Paralelamente à investigação da perda de habitat em determinados fragmentos, outra investigação ocorrerá no sentido de constatar se a perda de área pode influenciar a estrutura da comunidade de planta lenhosa em fragmentos de Cerrado Denso (2) uma vez que a escala temporal de 28 anos pode deixar uma consequência de perda de área significativa.

No sentido de avaliar a configuração espacial, a presente pesquisa também testa a hipótese de que a similaridade de espécies diminui com o aumento da distância geográfica entre os fragmentos amostrados (3), uma vez que o padrão de fitofisionomia se mantém, mas a distância geográfica aumenta mais de 300 Km e se distribuem por duas bacias

hidrográficas. Assim, a configuração espacial aliada à temporal, gerou uma quarta hipótese testada, referente ao gradiente borda-interior do fragmentos de Cerrado Denso em matriz de pastagem que pode afetar a estrutura da comunidade de plantas lenhosas (4), assim como pode afetar as variáveis microclimáticas e físico-químicas do solo ao longo de um gradiente pasto-borda-interior (5). Por fim, a última hipótese testada, refere-se à estrutura da comunidade de plantas lenhosa que pode ser influenciada pelas características microclimáticas e físico-químicas do solo de acordo com a literatura apresentada.

Convém enfatizar que se trata de uma pesquisa em Ecologia da Paisagem que contempla suas duas vertentes comuns, a geográfica e ecológica (Metzger, 2001), uma associada à espacialização e à análise temporal das áreas dos fragmentos e a outra à análise ecológica da comunidade vegetal lenhosa e aos respectivos solos dos fragmentos de vegetação de Cerrado Denso. Tais abordagens são consideradas, com frequência, como horizontal e vertical da paisagem, respectivamente.

Assim, através da avaliação espaço-temporal, considerou-se a estrutura da comunidade da flora lenhosa e dos parâmetros físico químicos do solo aliados a dados microclimáticos (temperatura e incidência solar nos fragmentos) em fragmentos de Cerrado Denso da ABA.

2. ÁREA DE ESTUDO

A Alta Bacia do Rio Araguaia (ABA) está situada, sobretudo, na porção sudoeste dos Estados de Goiás e Mato Grosso, respectivamente, entre as coordenadas $53^{\circ} 58' 27''$ e $50^{\circ} 01' 53''$ O e $18^{\circ} 03' 53''$ e $15^{\circ} 21' 46''$ S, e abrange $62.384,41 \text{ km}^2$ e, no todo ou em parte 49 municípios, sendo 34 no Estado de Goiás, 14 no Estado de Mato Grosso, e 1 no Estado de Mato Grosso do Sul (Faria e Castro, 2007). Hidrograficamente, subdivide-se em cinco Sub-bacias (Cachoeira Grande, Rio dos Peixes, Rio das Garças, Rio Caiapó e Rio Claro) (Faria e Castro, 2007). (Figura 01), das quais a do rio das Garças a oeste e a do rio Claro a leste são prioritizadas na presente pesquisa, conforme exposto.

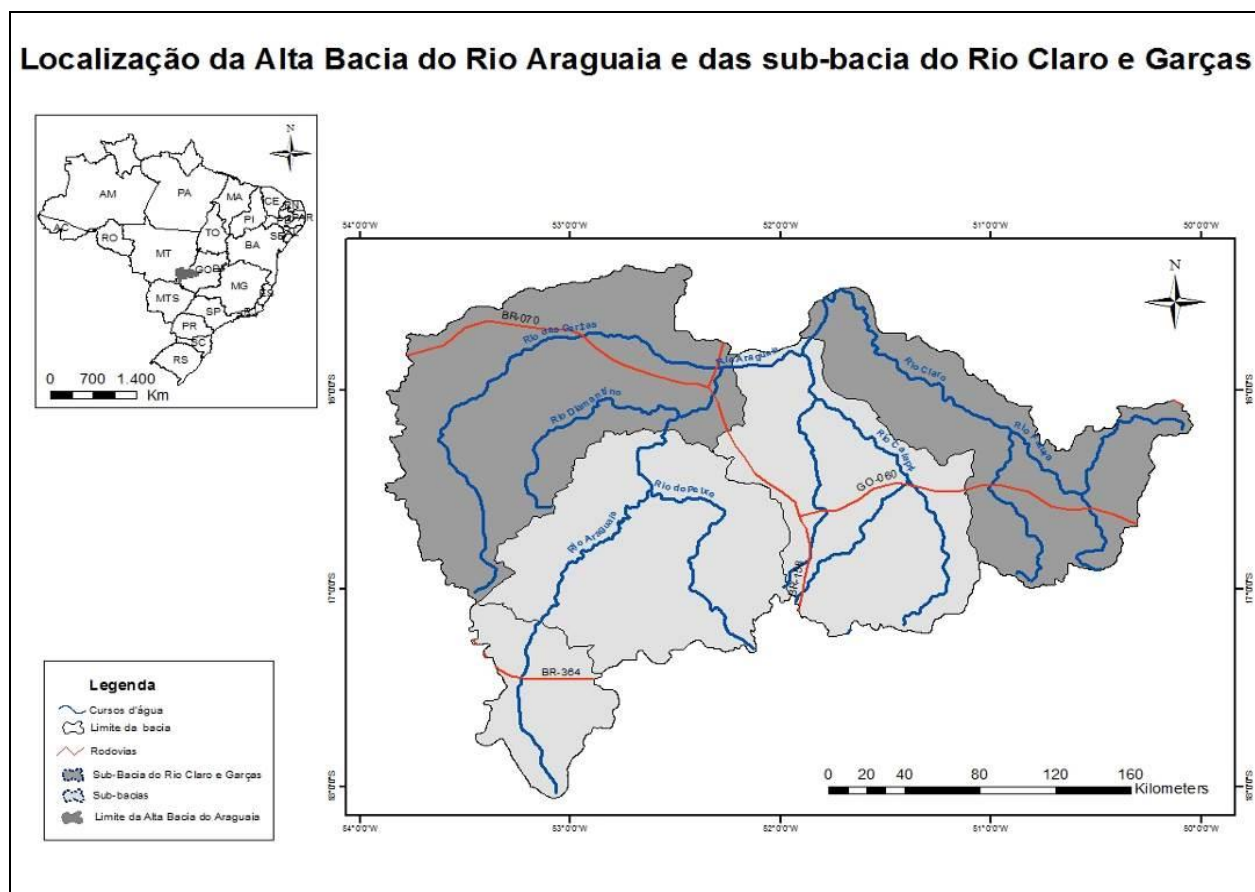


Figura 1 – Localização da Alta Bacia do Araguaia e Sub-bacias do Rio Claro e Garças.

Adaptado de Faria e Castro (2007).

A Sub-bacia do Rio das Garças (MT) situa-se na porção mais a noroeste da ABA (figura 1), entre as coordenadas $53^{\circ} 25'$ e $52^{\circ} 14'$ O e $17^{\circ} 10'$ e $15^{\circ} 35'$ S, drena uma área de

17.852,49 km², abrangendo 14 municípios (Faria *et al.*, 2010). Insere-se na Bacia Sedimentar do Paraná, sobretudo sobre litologias areníticas, com predomínio da formação Aquidauana (73%). Pouco mais de 79% da área inserem-se na unidade geomorfológica do Planalto dos Guimarães – Alcantilados, onde as altitudes variam de 300 a 500m e predominam os Neossolos Quartzarênicos distróficos (42,9%), seguidos pelos Cambissolos álicos (32,5 %) e os Neossolos litólicos (8,4%), todos considerados frágeis por serem arenosos e instáveis. As atividades agrícolas correspondem às pastagens (26,7%) sobre os Neossolos na porção sul (Faria *et al.*, 2010).

A Sub-bacia do rio Claro (GO) está localizada na porção leste da ABA, em território goiano, entre 17°00'-17°30'S e 50°00'-52°00'O, cobrindo uma área de 12.062,18 km² (figura 1), e parcial ou totalmente 24 municípios, dentre eles Goiás, Iporá, Montes Claros de Goiás, Paraúna e São Luís dos Montes Belos, de elevada produtividade agropecuária. Com relevo dissecado e aplainado, com declividades que variam de 0 a 12% e predomínio de rochas cristalinas, se desenvolveram principalmente os Neossolos Quartzarênicos (12,1%) e Litólicos (9,7%), os Argissolos (30,7%) e em bem menor proporção os Latossolos (22,6%), que favorecem a ocupação agropecuária (Faria e Castro, 2010).

Ambas as Sub-bacias apresentam formações florestais, savânicas e campestres (Faria *et al.*, 2012) e de acordo com os autores a Sub-bacia do Rio Claro apresenta-se mais fragmentada, com uma matriz antrópica predominante, diferente da Sub-bacia do Rio Garças. Esta última ainda apresenta matriz de formação savânica. As formações savânicas, de especial interesse para este estudo, apresentam dentre as Fitofisionomias do Cerrado sentido restrito, o Cerrado Denso, que de acordo com Ribeiro e Walter (2008) é uma formação com dossel mais adensando dentre as fitofisionomias de Cerrado sentido restrito, podendo chegar à 70% de cobertura, apresentando árvores com altura de até 8,0 metros e um estrato herbáceo menos presente em relação as demais fitofisionomias de Cerrado sentido restrito. Desta forma, os fragmentos de Cerrado Denso estudados foram selecionados sobre os Neossolos Quartzarênicos.

Ao todo foram selecionados 17 fragmentos no presente estudo (figura 02) prezando algumas variáveis: área e forma dos fragmentos, tipo de matriz circundante, pouca perturbação antrópica e tipo de solo. Neste contexto e para controle estatístico, os

fragmentos foram padronizados quanto à dimensão, sendo maiores do que 50 ha, não lineares, presentes em matrizes de pastagem e desenvolvidos em Neossolos Quartzarênicos.

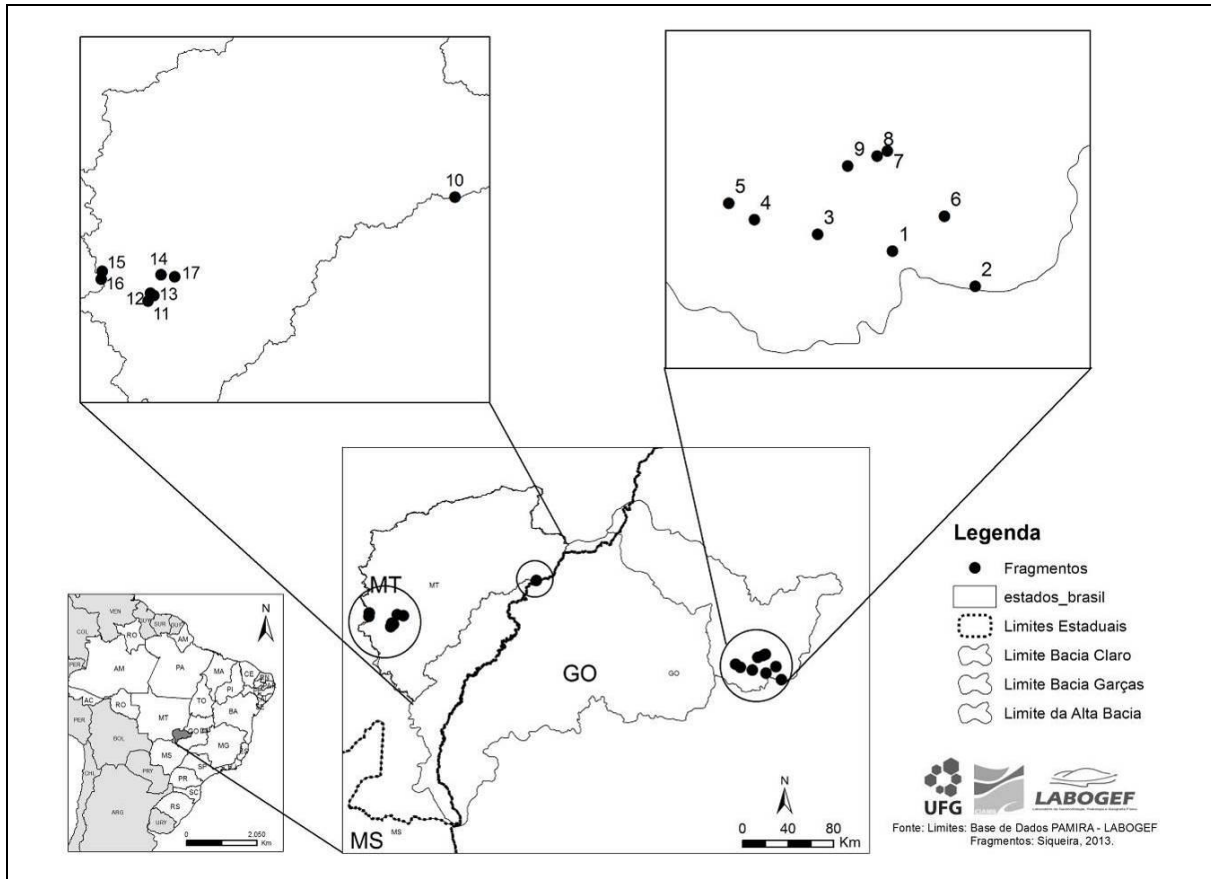


Figura 2 – Localização dos 17 fragmentos estudados na Alta Bacia do Araguaia (Sub-bacias do Rio Claro e Garças).

Os fragmentos lineares e pequenos apresentam grande influência da matriz nos componentes biológicos e abióticos do fragmento, razão pela qual foram selecionados fragmentos maiores e menos lineares. O tipo de matriz influencia de formas diferentes esses componentes biológicos e abióticos do fragmento, o que motivou a investigação da influência da matriz de pastagem, matriz esta que é mais comum em Neossolos Quartzarênicos na Alta Bacia do Rio Araguaia.

Adicionalmente, em relação aos solos correspondentes à Cerrado Denso, Reatto *et al.* (2008) destacam que os principais solos correspondentes a esta fitofisionomia são: Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho, Latossolo Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho. Assim, o mais esperado

é que nesses remanescentes de Cerrado Denso ainda ocorram em maiores proporções sobre Neossolos Quartzarênicos, pois segundo Ramalho Filho e Beek (1995), são estes os solos mais frágeis, com menor aptidão agrícola e conseqüentemente com menor possibilidade de moto mecanização em relação aos demais solos abrangentes para Cerrado Denso. Os referidos autores destacam ainda que, a maior aptidão desses solos são as pastagens, reforçando a possibilidade de matriz de pastagem para os fragmentos selecionados e, destacam a elevada aptidão agrícola de Latossolos e aptidão regular de argissolos, o que para uma região inserida em políticas públicas de incentivo à produção agropecuária, seria pouco provável que ainda restassem fragmentos maiores que 50 ha.

Dessa forma, a investigação da perda de área dos fragmentos de Cerrado Denso apresentaram distintos padrões, sendo que 14 dos 17 fragmentos apresentaram perda de área superior a 50% (tabela 01) e apenas um dos fragmentos apresentou ganho de cerca de 11,76%. A tabela 01 representa a análise da perda de área dos fragmentos em 28 anos e as figuras 03 e 04 ilustram o pequeno ganho de área do fragmento 6 e a perda de área do fragmento 12.

Tabela 01. Tabela com as áreas dos fragmentos analisados na série histórica de 28 anos na Alta Bacia do Rio Araguaia (Sub-bacias do Rio Claro e Garças) e o percentual de área perdida ou adquirida.

| Fragmento | Área em 1985 (ha) | Área em 1995 (ha) | Área em 2005 (ha) | Área em 2013 (ha) | Área Perdida em 28 anos (ha) | Percentual perdido % |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 Garças | 1482 | 738 | 742 | 111 | 1371 | 92.51 |
| 2 Garças | 318 | 343 | 376 | 144 | 174 | 54.72 |
| 3 Garças | 143 | 110 | 53 | 74 | 69 | 48.25 |
| 4 Garças | 110 | 114 | 54 | 67 | 43 | 39.09 |
| 5 Garças | 486 | 138 | 253 | 109 | 377 | 77.57 |
| 6 Garças | 68 | 64 | 79 | 76 | +8 | +11.76 |
| 7 Garças | 1253 | 76 | 73 | 65 | 1188 | 94.81 |
| 8 Garças | 738 | 569 | 615 | 203 | 535 | 72.49 |
| 9 Claro | 559 | 415 | 469 | 275 | 284 | 50.81 |
| 10 Claro | 417 | 101 | 101 | 101 | 316 | 75.78 |
| 11 Claro | 182 | 81 | 79 | 69 | 113 | 62.09 |
| 12 Claro | 2686 | 1506 | 509 | 173 | 2513 | 93.56 |
| 13 Claro | 624 | 420 | 153 | 96 | 528 | 84.62 |
| 14 Claro | 347 | 221 | 253 | 173 | 174 | 50.14 |
| 15 Claro | 454 | 183 | 181 | 181 | 273 | 60.13 |

| | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|----|-----|-------|
| 16 Claro | 209 | 85 | 131 | 66 | 143 | 68.42 |
| 17 Claro | 390 | 149 | 95 | 87 | 303 | 77.69 |

Perda de área do fragmento 6 do ano 1985 para 2013 (Bacia do Rio Garças)

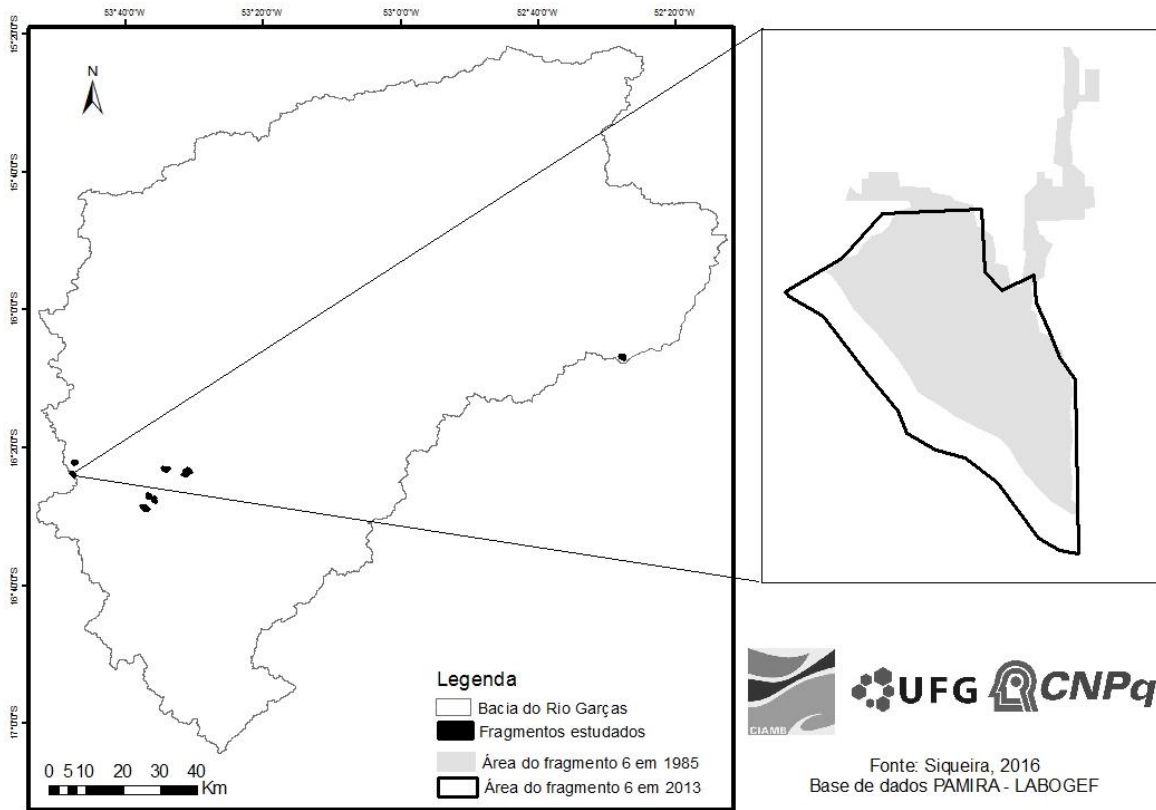


Figura 3 – Localização do fragmento 6 da Sub-bacia do Rio Garças no ano de 2013, ilustrando seu percentual de ganho de área de cerca de 11,76% em relação ao ano de 1985.

Perda de área do fragmento 12 do ano de 1985 para 2013 (Bacia do Rio Claro)

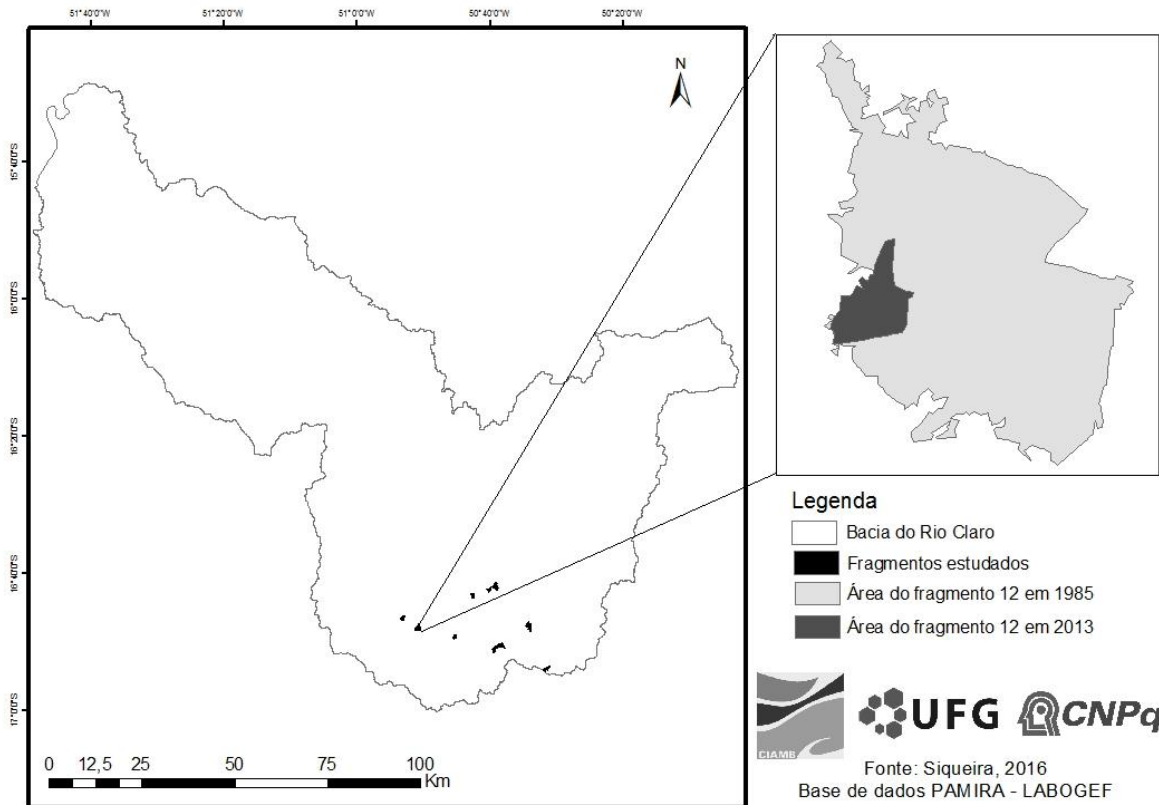


Figura 4 – Localização dos fragmentos 12 da Sub-bacia do Rio Claro no de 2013, ilustrando seu percentual de perda de 93,56% da área relativa ao ano de 1985.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, L.M.S.; Machado, R.B. & Marinho-Filho, J. A. 2004. Diversidade Biológica do Cerrado. *In: Aguiar, L.M.S. & Camargo, A.J.A. Cerrado: Ecologia e Caracterização. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados: Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 249 p.*
- Aquino, F.G.; Miranda, H.B.M. 2008. Consequências ambientais da fragmentação de habitats no Cerrado. *In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. Cerrado: ecologia e flora. Embrapa-CPAC, Planaltina, p.385-398.*
- Barbalho, M.G.S. 2002. Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para controle de processos erosivos lineares na Alta Bacia do Rio Araguaia (GO/MT). Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Betts, M.G.; Fahrig, L.; Hadley, A.S.; Halstead, K.; Bowman, J.; Robinson, W.D.; Wiens, J.A.; Lindenmayer, D.B. 2014. A species-centered approach for uncovering generalities in organism responses to habitat loss and fragmentation. *Ecography* 37: 517–527
- Beuche, R.; Grecchi, R.C.; Shimabukuro, Y.E.; Seliger, R.; Eva, H.D.; Sano, E.; Achard, F. 2015. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. *Applied Geography*: 58, 116 - 127
- Bierregaard, R.O.; Lovejoy, T.E.; Kapos, V.; Santos Dos, A.A. & Hutchings, R.W. 1992. The Biological Dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest. *BioScience*, 42 (11): 859-866.
- Brooks, T.M.; Pimm, S.L.; Oyugi, J.O. 1999. Time lag between deforestation and bird extinction in tropical forest fragments. *Conservation Biology*, nº 13, p. 1140-1150
- Cabacinha, C.D. 2008. Caracterização Estrutural e Física de Fragmentos de Mata de Galeria na Alta Bacia do Rio Araguaia 2008. Tese de Doutorado (Ciências Ambientais) Doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia
- Cabacinha, C.D.; Castro, S.S.; Gonçalves, D.A. 2010. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Araguaia na savana brasileira. *Floresta, Curitiba, PR*, 40(4): 675-690.

- Carneiro, G.T.; Cabacinha, C.D.; Faria, K.M.S.; Siqueira, M.N. Lima, J.C.S. 2011. Cobertura florestal do município de Rio Verde, GO: estrutura e composição da paisagem entre 2005 e 2008. *Geografia*, V. 36. N. 2. Maio a agosto de 2011.
- Carvalho, F.M.V.; De Marco, P.; Ferreira Junior, L. G. 2009. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation*. V. 142. P.1302 – 1403
- Castro, A.A.J.F., Martins, F.R., Tamashiro, J.Y. & Shepherd, G.J. 1999. How rich is the flora of Brazilian cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86:192-224
- Castro, S.S.; Xavier, L.S. & Barbalho, M.S.G. 2004. Atlas Geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares. Instituto de Estudos Socio- Ambientais, Universidade Federal de Goiás, SEMARH-GO.
- Cayuela, L., Murcia, C., Hawk, A. A., Fernández-Vega, J. and Oviedo-Brenes, F. 2009. Tree responses to edge effects and canopy openness in a tropical montane forest fragment in southern Costa Rica. *Tropical Conservation Science* Vol. 2 (4):425-436. Available online: www.tropicalconservationscience.org
- Ceballos, G.; Ehrlich, P.R.; Barnosky, A.D.; Garcia, A.; Pringle, R.M.; Palmer, T.M. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci. Adv.*; 1: e1400253
- Colli, G.R.; Accacio, G.M.; Antonini, Y.; Constantino, R.; Franceschinelli, E.V.; Laps, R.R.; Scariot, A.; Vieira, M.V.; Wiederhecker, H.C. 2005. A fragmentação dos ecossistemas e a biodiversidade brasileira: uma síntese. *In*: Rambaldini, D. M.; Oliveira, D. A. S. Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília. 2ª ed. MMA/SBF
- Dezseo, N., Chacón, N., Sanoja, E. & G. Picón. 2004. Changes in soil properties and vegetation characteristics along a forest-savanna gradient in southern Venezuela. *Forest Ecology and Management*, v.200, p.183-193
- Diniz-Filho, J.A.F., Bastos, R.P., Rangel, T.F.L.V.B., Bini, L.M., Carvalho, P. & Silva, R.J. 2005. Macroecological correlates and spatial patterns of anuran description dates in the Brazilian Cerrado. *Global Ecol Biogeogr.* 14: 469–477

- Durigan, G., Ratter, J.A., Bridgewater, S. Siqueira, M.F. & G.A.D.C. Franco. 2003. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. *Hoehnea*, 30(1): 39-51,
- Embrapa. 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p.
- Embrapa. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 212 p
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, Palo Alto, v. 34, p. 487-515
- Faria, A.R. 2001. Uso do solo na bacia do Alto Araguaia, Estados de Goiás e Mato Grosso: Revisão sobre a importância do mapeamento atual. Monografia do curso de Bacharelado em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia
- Faria, K.M.S ; Castro, S.S. 2013 Mudanças de uso do solo na Alta Bacia do Rio Araguaia e as relações com as políticas públicas de 1975 a 2010. In: Silva, S.D.; Pietrafesa, J.P.; Franco, J.L.A.; Drummond, J.A.; Tavares, G.G. (Org.). 2013. *Fronteira Cerrado: sociedade e natureza no oeste do Brasil*. 1ed.Goiânia: Editora da PUC Goiás, v. 1, p. 315-330.
- Faria, K.M.S. 2011. Paisagens fragmentadas e viabilidades de recuperação para a Sub-bacia do rio Claro (GO). Tese de Doutorado em Geografia. Instituto de Estudos Sócio – Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia,
- Faria, K.M.S.; Castro, S.S. 2010. Análise da Evolução da Fragmentação da Paisagem com uso de Geotecnologias na Sub-Bacia do Rio Claro, entre 1990 e 2008, Brasil Central. *Anais do VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física; II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física*. Universidade de Coimbra, Maio
- Faria, K.M.S.; Siqueira, M. N.; Carneiro, G.T.; Castro, S.S. 2010. Análise da Estrutura da Paisagem na Sub-bacia do Rio Garças (MT) com Uso do Software Fragstat. *Anais do I Simpósio de Geografia do Araguaia*.
- Faria, K.M.S.; Siqueira, M. N. ; Carneiro, G.T. ; Castro, S.S. 2012. Análise Geoecológica da Conservação Ambiental das Sub-bacias do Rio Claro (GO) e do Rio Garças (MT). *Revista Nordestina de Ecoturismo*, v. 5, p. 113-118

- Faria, K.M.S; Castro, S.S. 2007. Uso da terra e sua relação com os remanescentes de cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS). *Geografia (Rio Claro)* 32, 657-668.
- Ferreira, J. N. & Ribeiro, J.F. 2001. Ecologia da inundação em Matas de galeria. Pp. 425-451. In J. F. Ribeiro; C. E. L. Fonseca & J. C. Souza-Silva (eds.). Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Embrapa, Planaltina.
- Fischer, J.; Lindenmayer, D.B. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, n. 16, p. 265-280
- Giulietti, A.M.; Harley, R.M.; Queiroz, L.P.; Wanderley, M.G.L & Berg, C.V.D. 2005. Biodiversidade e Conservação das Plantas no Brasil. *Revista Megadiversidade*, 1(1)
- Gomes, B.Z. Martins, F.R, & Tamashiro, J.Y. 2004. Estrutura da vegetação de cerradão e floresta paludícola. *Revista Brasil. Bot.*, V.27, n.2, p.249-262, abr.-jun.
- Haddad, N.M.; Brudvig, L.A.; Clobert, J.; Davies, K.F.; Gonzalez, A.; Holt, R.D.; Lovejoy, T.E.; Sexton, J.O.; Austin, M.P.; Collins, C.D.; Cook, W.M.; Damschen, E.I.; Ewers, R.M.; Foster, B.L.; Jenkins, C.N.; King, A.J.; Laurance, W.F.; Levey, D.J.; Margules, C.R.; Melbourne, B.A.; Nicholls, A.O.; Orrock, J.L.; Song, D.X.; Townshend, J.R. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems: *Science Advances*, v. 1, e1500052.
- Harper, K.A.; Macdonald, S.E.; Burton, P.J.; Chen, J.; Brosnoff, K.D.; Saunders, S.C.; Euskirchen, E.S.; Roberts, D.; Jaiteh, M.S. & Esseen, P. 2005. *Edge Influence in Fragmented Landscapes*. *Conservation Biology* Volume 19, No. 3, June
- Klink, C.A.; Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado Brasileiro. *Revista Megadiversidade*. Volume 1/nº 1/Julho
- Laurance, W.F. & Bierregaard Jr., R.O. 1997. *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Marinho, G.V.M. 2003. Caracterização físico-hídrica e suscetibilidade erosiva linear na Sub-bacia do córrego Queixada, na Alta Bacia do Rio Araguaia – GO. (Mestrado em Geografia). Instituto de Estudos Sócio – Ambientais. Universidade Federal de Goiás, Goiânia
- Metzger, J.P. 2001. O que é ecologia de paisagens. *Biota Neotropica*. Vol 1.

- Mittermeier, R.A.; Gil, P.R.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J.; Brooks, J.; Mittermeier, C.G.; Lamourux, J. & Fonseca, G.A.B. 2004. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex, Washington, DC.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest: implication for conservation. *Trend in Ecology and Evolution*, 10: 58 – 62.
- Olifiers, N. & Cerqueira, R. 2006. Fragmentação de habitat: efeitos históricos e ecológicos. 2006. *In: Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Sluys, M.V. & Alves, M.A.S. Biologia da Conservação: Essências. São Carlos, Rima,*
- Paglia, A.P.; Fernandez, F.A.S.; De Marco Junior, P. 2006. Efeitos da fragmentação de habitats: quantas espécies, quantas populações, quantos indivíduos, e serão eles suficientes? *In: Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.D.; Sluys, M.V.; Alves, M.A.S.. (Org.). Biologia da Conservação: essências. São Carlos: Rima*
- Pires, A.S.; Fernandez, F.A.S. & Barros, C.S. 2006. Vivendo em um mundo em pedaços: Efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais *In: Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Sluys, Mv. & Alves, M.A.S. 2006. Biologia da Conservação: Essências. São Carlos, SP: Rima*
- Ramalho-Filho, A.; Beek, K. J. 1995. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 65 p.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S. & J.F. Ribeiro. 1996. Analysis of the floristic composition of the brasilian cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. *Edinburgh Journal of Botany*, v.53, n.2, p.153-180
- Reatto, A.; Correia, J.R.; Spera, S.T.; Martins, E.S. 2008. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. *In: Sano, S.M; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. 2008. Cerrado: Ecologia e flora. Brasília: Embrapa - Cerrados. Cap.5 p. 107-149*
- Ribeiro, J.F.; Walter, B.T. 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In: Sano, S.M; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. 2008. Cerrado: Ecologia e flora. Brasília: Embrapa - Cerrados. Cap.6 p. 151-212*
- Santos, R.D.; Lemos, R.C.; Santos, H.G.; Ker, J.C. & Anjos, L.H. 2005. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100p.

- Scariot, A.; Freitas, S.R.; Neto, E.M.; Nascimento, M.T.; Oliveira, L.C.; Sanaiotti, T.; Sevilha, A.C. & Villela, D.M. 2005. Vegetação e flora. In: Rambaldi, D. M.; Oliveira, D. A. S. (Orgs.). 2005. Fragmentação de Ecossistemas. Causas, Efeitos sobre a diversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília. 2º ed. MMA/SBF. p:103-123.
- Silva Júnior, M.C. 2004. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na reserva ecológica do IBGE, DF. Rev. Árvore v.28: 3, Viçosa, May-June
- Silva, R.A.A. 2006. Arenização/Desertificação no Setor Sul da Alta Bacia do Rio Araguaia (GO/MT): distribuição e fatores condicionantes de formação dos areais. Dissertação de Mestrado em Geografia. Instituto de Estudos Socio- Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Soares-Filho, B.; Rajão, R.; Macedo, M.; Carneiro, A.; Costa, W.; Coe, M.; Rodrigues, H.; Alencar, A. 2014. Cracking Brazil's Forest Code. Science: Vol 344, 25 April
- Stevens, S.M. & Husband, T.P. 1998. The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. Biological Conservation 85: 1-8.
- Tabarelli, M. & Gascon, C. 2005. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. Megadiversidade 1(1): 181-188
- Tabarelli, M., J.M.C. Silva & C. Gascon. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. Biodiversity and Conservation 13: 1419-1425.
- Turner, I.M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of evidence. Journal of Applied Ecology 33: p.200-209

4. ARTIGOS

ARTIGO 1

WOODY PLANT COMMUNITY STRUCTURE IN DENSE CERRADO FRAGMENTS IN THE UPPER BASIN OF THE ARAGUAIA RIVER: RELATIONSHIP WITH HABITAT LOSS AND GEOGRAPHIC DISTANCE

Mariana N. Siqueira e Selma Simões de Castro

Woody plant community structure in Dense Cerrado fragments in the Upper Basin of the Araguaia River: relationship with habitat loss and geographic distance

Mariana N. Siqueira e Selma Simões de Castro

Abstract: Habitat fragmentation is a severe threat to biodiversity but has been little explored in studies of the woody vegetation of the Cerrado. The present study addressed the community structure of woody plants in 17 Dense Cerrado fragments in the Upper Basin of the Araguaia River (GO and MT), standardizing variables such as fragment size (> 50 ha), shape, disturbance, and matrix, among others. The phytosociological structure was assessed with an inclusion criterion of $D_{30} \geq 5$ cm in 3 plots, 50 x 20 m each, per fragment. A total of 131 species, 94 genera and 45 families were recorded, with the largest importance value index corresponding to dead trees. Pielou's equitability index was equal to 0.82, and Shannon's diversity index (H') was equal to 4.03 nats/ind.⁻¹. Basal area and density were equal to 18.13 m².ha⁻¹ and 1,715.49 ind.ha⁻¹, respectively. The estimated richness (*Jackknife* 1) was superior to the observed richness. We assessed whether density, observed diversity and Shannon's diversity index calculated for each fragment may be explained by either fragment size or habitat lost in 28 years. Fragment size and habitat lost in 28 years did not explain either the woody community structure or the species diversity. The assumption that the fragments with the greatest area loss throughout this time period would have less diverse communities was not corroborated. There was no heterogeneity in the floristic composition of the fragments regardless of either the distance between them or their size. The only effects observed were the homogenization of the fragments and the small populations of a large number of species.

Key words: Fragments, Dense Cerrado, woody community, habitat loss, homogenization.

INTRODUCTION

The Cerrado is an ecological unit typical of the tropical zone, with its own characteristic fauna and flora (Pinto, 1990), and is the savanna with the greatest biological diversity worldwide (Klink, 1996), as it has heterogeneous vegetation, with a mosaic forest and savanna and field formations (Ribeiro and Walter, 1998, 2008). The Cerrado initially occupied two million square kilometers, corresponding to approximately 23% of the Brazilian territory (Ratter *et al.*, 1997), thus being the second largest morphoclimatic domain in Brazil and South America (Ab'Saber, 1977). This savanna is characterized by landscapes with wide dissected and forested plateaus, especially on its margins, covered by thick and generally acid oxisols (Ab'Saber, 1977).

The Cerrado is a biodiversity hotspot and therefore a conservation priority (Myers *et al.*, 2000; Silva & Bates, 2002), as it has a high diversity of endemic species that are subjected to a high degree of anthropogenic changes (Myers *et al.*, 2000). Klink & Machado (2005) state that approximately half of the original Cerrado has been transformed into pastures (500,000 Km²), crops (100,000 Km²), and anthropic uses of other types (400,000 km²). In addition, Lapola *et al.* (2013) highlight that the Cerrado is the region with the largest area occupied by pastures in Brazil, in spite of the recent advances in mechanized plantations in this area.

The loss and fragmentation of Cerrado vegetation cover are maximized by the processes of land use change in this region (Klink and Machado, 2005). Such processes result in vegetation remnants of different sizes, shapes, floristic compositions and habitat degradation degrees (Klink and Machado, 2005). Lopes *et al.* (2011) highlight that the intense change in the original Cerrado vegetation cover, allied to the small percentage of protected areas, provides an idea of the risk of losing ecological and floristic information in this domain. Thus, new studies on the floristic composition, structure, and distribution of plant species in the remnants are needed, especially in areas that have been little studied (Lopes *et al.*, 2011).

Studies focusing on plant community structure in Cerrado areas are available in the literature (*e.g.*, Felfili *et al.*, 1993; Felfili *et al.*, 2000; Batalha *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2002; Lopes *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2015); however, few of them address the Dense Cerrado phytophysiognomy (*e.g.*, Andrade *et al.*, 2002; Latansio-Aidar, *et al.*, 2010).

Different phytophysionomies, including the Dense Cerrado, may be found in the Upper Basin of the Araguaia River. Among the ecological studies conducted in this hydrographic basin, special attention may be given to the geocological studies on the fragmentation of the Cerrado remnants (*e.g.*, Faria and Castro, 2007, 2013; Cabacinha *et al.*, 2010; Faria *et al.* 2012).

Despite the aforementioned studies, research considering the implications of the fragmentation process on the woody plant community is still lacking. Considering this need, the present study addressed the woody plant community in Dense Cerrado fragments in the Upper Basin of the Araguaia River to answer the following questions: 1) What is the percentage of area lost by the Dense Cerrado fragments over the last 30 years? 2) How can area loss influence the woody plant community in Dense Cerrado fragments? 3) Does species similarity decrease with increasing geographic distance between the studied fragments?

MATERIAL AND METHODS

The present study was conducted in 17 Dense Cerrado fragments in the Upper Basin of the Araguaia River, in the Goiás and Mato Grosso states, Brazil (figure 1). These fragments were selected from historical maps of land use change and natural vegetation fragmentation in the two sub-basins composing the Upper Basin of the Araguaia River: the Claro River Basin and the Garças River Basin (Faria, 2011; Siqueira, 2012). The vegetation of these sub-basins was classified by Ribeiro and Walter (2008) into Forest Formations, Savanna Formations and Field Formations. It must be noted that changes in land use are still occurring in the Araguaia Upper Basin. Therefore, fragment selection was standardized according to the following variables: non-linear Dense Cerrado fragments larger than 50 ha, in a pasture matrix, with little anthropogenic disturbance and over Quartzarenic Neosols. These characteristics are considered to be representative of the study area.

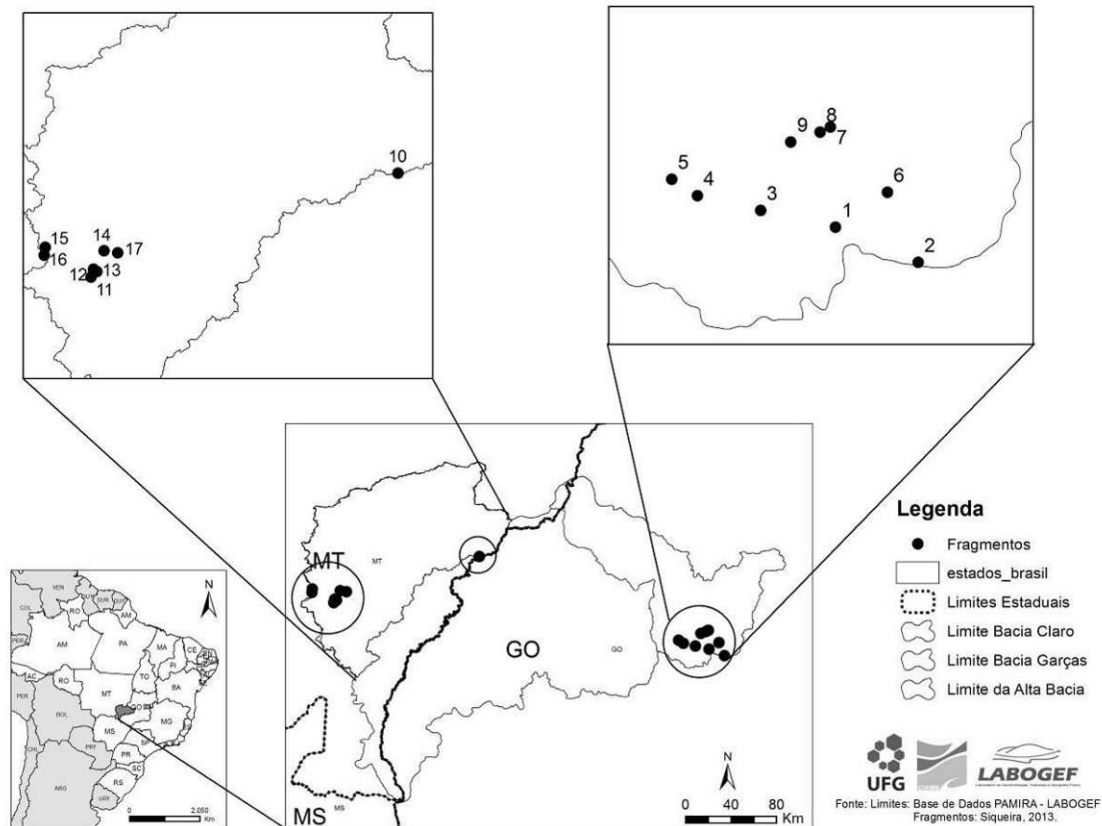


Figure 1. Map of the study area with locations of the 17 Cerrado Denso fragments in the Upper Basin of the Araguaia River, Goiás and Mato Grosso states, Brazil..

The Dense Cerrado phytophysognomy was characterized and validated according to the following criteria: (i) physiognomy (*e.g.*, height, tree density and canopy closure), (ii) soils corresponding to the phytophysognomy, and (iii) floristic criteria related to the presence of species typical of this phytophysognomy according to Ribeiro and Walter (2008). The phytosociological survey of the study fragments was performed using the plots method (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974). A total of 51 plots (20 m x 50 m) were delimited, according to the standardization defined by Felfili *et al.* (2005), with three plots per fragment. Therefore, 0.3 ha were sampled per fragment, with a total of 5.1 ha sampled in the 17 Dense Cerrado fragments. Plots were placed along an axis from the edge to the center of the fragment, with the first plot located in the first 50 meters from the edge, the second plot between 50 and 100 meters and the third plot between 200 and 250 meters.

The inclusion criterion used was $D_{30} \geq 5$ cm (diameter at 30 cm above ground greater than or equal to 5 cm), as recommended by Felfili *et al.* (2005). The use of standardized inclusion criteria is essential for integrated or comparative ecological analyses. The botanical material was identified in the field, and the unidentified material was collected for posterior identification based on analytical keys, specialized bibliography, and comparisons with the Federal Institute of Goiás Herbarium – Rio Verde Campus. Taxonomic synonyms were verified in the online databases of the Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>) and the Brazilian Flora Checklist (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>). The species were classified according to the Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009).

Due to the dynamics of land use change in the region (Faria and Castro 2007, 2013; Cabacinha *et al.*, 2010; Faria *et al.*, 2012), the analysis of habitat loss in each fragment was based on the location of the polygons of each Dense Cerrado fragment in the land use and vegetation remnants maps of the Garças River and Claro River Basins for 1985, 1995, and 2005 (Siqueira, 2012; Faria, 2012, Faria and Castro, 2013). In addition, a 2013 map of the 17 fragments was prepared from *Landsat* images for the year 2013 using *Envi*, *Spring* and *ArcGis* software. Using the *ArcGis* software, it was possible to select the Dense Cerrado phytophysiology and to calculate its area for each fragment and year.

The parameters recommended by Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) were used for the phytosociological analysis, namely, absolute density, absolute frequency, absolute dominance expressed by the basal area, relative density, relative frequency, relative dominance, and importance value. Shannon's diversity (H') and Pielou's equitability (J') indices (Brower and Zar, 1984) were also calculated. These parameters were calculated for each fragment using Mata Nativa 3 software (Cientec, 2010). The non-parametric first-order Jackknife estimator was used to estimate the species richness of the total sampled area, with 100 randomizations (Coddington *et al.*, 1991; Colwell and Coddington, 1994). This method evaluates the efficiency of the sampling effort used in the study by constructing a species accumulation curve for the total area, in which the estimator extrapolates the observed richness from the frequency of rare species ("uniques"), which results in a more accurate estimate of the number of species in a community (Krebs, 1999).

Therefore, this method provides a confidence interval for performing statistical comparisons between two or more sample sites.

A repeated-measures analysis of variance (ANOVA) (Zar, 1996) was used to test whether the area of the sampled fragments varied along the decades (1985, 1995, 2005 and 2013). A simple linear regression (Zar, 1996) was performed to assess whether there were correlations between the historical process of area loss in the fragments and the number of individuals, the observed species richness and Shannon's diversity indices. A simple linear regression was also used to test the correlations between fragment size in 2013 and the number of individuals sampled, the observed species richness, and Shannon's diversity indices.

The relationship between species composition and the geographic distance between the studied fragments was tested using Mantel's test. This statistical procedure tests the correlation between two matrices (Mantel, 1967). For this assessment, a geographical dissimilarity matrix was constructed by calculating the Euclidean distance between the sampled fragments based on their latitude and longitude. The species composition data were used to construct another dissimilarity matrix between the fragments with the Bray-Curtis index. The significance of the Mantel test was assessed using the Monte Carlo method, with 1000 random permutations (Zar, 2010).

RESULTS

A total of 8,749 individuals were sampled in the 17 Dense Cerrado fragments, corresponding to 131 species, 94 genera and 45 families (table 1). The estimated species richness (Jackknife 1) was 154.59 ± 10.58 species (figure 2). The Shannon's diversity (H') and Pielou's equitability (J') indices were equal to 4.03 and 0.82, respectively. Overall, the total basal area and absolute species density were equal to $18.13 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ and $1.715.49 \text{ ind}.\text{ha}^{-1}$. The most representative families found in this study were Fabaceae (24 spp.), Malpighiaceae (9 spp.), Myrtaceae (8 spp.), Rubiaceae (6 spp.), Apocynaceae (6 spp.), Erythroxylaceae (5 spp.), Vochysiaceae (5 spp.), Melastomataceae (5 spp.), and Annonaceae (5 spp.). In contrast, 15 families were each represented by a single species.

Table 1. Woody plant species found in 17 Cerrado Denso fragments in the Upper Basin of the Araguaia River, Goiás and Mato Grosso states, Brazil. N = individual number; U = number plot in that a give species was found; BA = total basal area (m²/h-1); RD = Relative density (%); RF = Relative frequency (%); RDo = Relative dominance (%); IVI = importance value index.

| Family | Species | N | U | BA | RD | RF | RDo | IVI |
|------------------|---|-----|----|-------|------|------|------|--------|
| ----- | ----- | 615 | 50 | 7,237 | 7,03 | 2,46 | 7,82 | 17,314 |
| Icacinaceae | <i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers | 400 | 43 | 7,085 | 4,57 | 2,12 | 7,66 | 14,347 |
| Vochysiaceae | <i>Qualea parviflora</i> Mart. | 417 | 47 | 5,899 | 4,77 | 2,31 | 6,38 | 13,456 |
| Combretaceae | <i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler | 364 | 48 | 4,913 | 4,16 | 2,36 | 5,31 | 11,833 |
| Lauraceae | <i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez | 296 | 47 | 4,736 | 3,38 | 2,31 | 5,12 | 10,816 |
| Vochysiaceae | <i>Qualea grandiflora</i> Mart. | 294 | 48 | 3,867 | 3,36 | 2,36 | 4,18 | 9,903 |
| Fabaceae | <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima | 284 | 33 | 4,567 | 3,25 | 1,62 | 4,94 | 9,807 |
| Annonaceae | <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. | 303 | 40 | 1,722 | 3,46 | 1,97 | 1,86 | 7,293 |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC. | 311 | 23 | 2,248 | 3,55 | 1,13 | 2,43 | 7,117 |
| Fabaceae | <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel | 191 | 33 | 2,934 | 2,18 | 1,62 | 3,17 | 6,978 |
| Nyctaginaceae | <i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell | 330 | 24 | 1,852 | 3,77 | 1,18 | 2 | 6,955 |
| Proteaceae | <i>Roupala montana</i> Aubl. | 211 | 37 | 1,726 | 2,41 | 1,82 | 1,87 | 6,098 |
| Vochysiaceae | <i>Qualea multiflora</i> Mart. | 224 | 36 | 1,516 | 2,56 | 1,77 | 1,64 | 5,971 |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia rufa</i> Mart. | 204 | 40 | 1,343 | 2,33 | 1,97 | 1,45 | 5,752 |
| Malvaceae | <i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum) A. Rob. | 108 | 38 | 1,911 | 1,23 | 1,87 | 2,07 | 5,17 |
| Lecythidaceae | <i>Eschweilera nana</i> (O.Berg) Miers | 131 | 42 | 1,444 | 1,5 | 2,07 | 1,56 | 5,125 |
| Ebenaceae | <i>Diospyros hispida</i> DC. | 157 | 33 | 1,353 | 1,80 | 1,72 | 1,46 | 4,979 |
| Fabaceae | <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke | 155 | 29 | 1,538 | 1,77 | 1,43 | 1,66 | 4,862 |
| Myrtaceae | <i>Myrcia</i> sp. | 168 | 33 | 1,063 | 1,92 | 1,62 | 1,15 | 4,693 |
| Melastomataceae | <i>Mouriri pusa</i> Gardner | 128 | 36 | 1,337 | 1,46 | 1,77 | 1,45 | 4,68 |
| Fabaceae | <i>Andira cujabensis</i> Benth. | 112 | 31 | 1,685 | 1,28 | 1,53 | 1,82 | 4,627 |
| Myrtaceae | <i>Myrcia variabilis</i> DC. | 174 | 32 | 0,968 | 1,99 | 1,57 | 1,05 | 4,61 |
| Caryocaraceae | <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. | 89 | 34 | 1,46 | 1,02 | 1,67 | 1,58 | 4,268 |
| Fabaceae | <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne | 91 | 32 | 1,237 | 1,04 | 1,57 | 1,34 | 3,952 |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. | 107 | 30 | 1,13 | 1,22 | 1,48 | 1,22 | 3,921 |
| Melastomataceae | <i>Miconia ferruginata</i> DC. | 150 | 24 | 0,92 | 1,71 | 1,18 | 0,99 | 3,891 |
| Nyctaginaceae | <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell. | 131 | 26 | 0,907 | 1,5 | 1,28 | 0,98 | 3,757 |
| Annonaceae | <i>Annona coriacea</i> Mart. | 94 | 31 | 1,006 | 1,07 | 1,53 | 1,09 | 3,687 |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania humilis</i> Cham. & Schltldl. | 76 | 28 | 1,224 | 0,87 | 1,38 | 1,32 | 3,57 |
| Fabaceae | <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. | 107 | 28 | 0,87 | 1,22 | 1,38 | 0,94 | 3,542 |
| Dilleniaceae | <i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil. | 117 | 29 | 0,653 | 1,34 | 1,43 | 0,71 | 3,471 |
| Myrtaceae | <i>Myrcia rostrata</i> DC. | 121 | 28 | 0,576 | 1,38 | 1,38 | 0,62 | 3,384 |
| Fabaceae | <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel | 80 | 31 | 0,771 | 0,91 | 1,53 | 0,83 | 3,273 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth | 79 | 32 | 0,574 | 0,9 | 1,57 | 0,62 | 3,098 |
| Fabaceae | <i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. | 101 | 16 | 1,022 | 1,15 | 0,79 | 1,1 | 3,046 |

| | | | | | | | | |
|------------------|---|----|----|-------|------|------|------|-------|
| Sapotaceae | <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | 88 | 26 | 0,636 | 1,01 | 1,28 | 0,69 | 2,973 |
| Lythraceae | <i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil. | 96 | 24 | 0,559 | 1,1 | 1,18 | 0,6 | 2,883 |
| Moraceae | <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul. | 74 | 32 | 0,407 | 0,85 | 1,57 | 0,44 | 2,861 |
| Calophyllaceae | <i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc. | 83 | 24 | 0,629 | 0,95 | 1,18 | 0,68 | 2,809 |
| Fabaceae | <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | 83 | 17 | 0,872 | 0,95 | 0,84 | 0,94 | 2,728 |
| Ochnaceae | <i>Ouratea hexasperma</i> (St. Hil.) Baill | 84 | 25 | 0,444 | 0,96 | 1,23 | 0,48 | 2,671 |
| Vochysiaceae | <i>Salvertia convallariodora</i> A. St.-Hil. | 42 | 20 | 1,08 | 0,48 | 0,98 | 1,17 | 2,632 |
| | <i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) | | | | | | | |
| Fabaceae | Benth. | 69 | 23 | 0,605 | 0,79 | 1,13 | 0,65 | 2,575 |
| Fabaceae | <i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart. | 51 | 29 | 0,428 | 0,58 | 1,43 | 0,46 | 2,472 |
| Fabaceae | <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth | 37 | 22 | 0,833 | 0,42 | 1,08 | 0,9 | 2,406 |
| Fabaceae | <i>Tachigali aurea</i> Tul. | 46 | 25 | 0,357 | 0,53 | 1,23 | 0,39 | 2,142 |
| Connaraceae | <i>Connarus suberosus</i> Planch. | 55 | 24 | 0,29 | 0,63 | 1,18 | 0,31 | 2,123 |
| Fabaceae | <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. | 45 | 21 | 0,41 | 0,51 | 1,03 | 0,44 | 1,991 |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos | 30 | 21 | 0,554 | 0,34 | 1,03 | 0,6 | 1,976 |
| | <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. | | | | | | | |
| Bignoniaceae | F. ex S. Moore | 26 | 17 | 0,581 | 0,3 | 0,84 | 0,63 | 1,762 |
| Myrtaceae | <i>Myrcia</i> sp.2 | 46 | 17 | 0,364 | 0,52 | 0,83 | 0,39 | 1,756 |
| Malpighiaceae | <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss. | 53 | 15 | 0,232 | 0,61 | 0,74 | 0,25 | 1,594 |
| Ochnaceae | <i>Ouratea spectabelis</i> Engl. | 32 | 19 | 0,269 | 0,37 | 0,94 | 0,29 | 1,592 |
| Calophyllaceae | <i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess. | 36 | 19 | 0,218 | 0,41 | 0,94 | 0,24 | 1,583 |
| | <i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex | | | | | | | |
| Chrysobalanaceae | Hook. f. | 33 | 20 | 0,198 | 0,38 | 0,98 | 0,21 | 1,576 |
| Annonaceae | <i>Annona crassiflora</i> Mart. | 29 | 11 | 0,617 | 0,33 | 0,54 | 0,67 | 1,54 |
| Celastraceae | <i>Plenckia populnea</i> Reissek | 41 | 12 | 0,378 | 0,47 | 0,59 | 0,41 | 1,467 |
| Loganiaceae | <i>Strychnos pseudoquina</i> A. St.-Hil. | 20 | 15 | 0,442 | 0,23 | 0,74 | 0,48 | 1,444 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss. | 24 | 17 | 0,276 | 0,27 | 0,84 | 0,3 | 1,409 |
| Lamiaceae | <i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley | 33 | 11 | 0,421 | 0,38 | 0,54 | 0,45 | 1,373 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC. | 22 | 17 | 0,179 | 0,25 | 0,84 | 0,19 | 1,282 |
| Fabaceae | <i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel | 23 | 13 | 0,229 | 0,26 | 0,64 | 0,25 | 1,151 |
| Myrtaceae | <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. | 36 | 6 | 0,404 | 0,41 | 0,3 | 0,44 | 1,143 |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. | 16 | 12 | 0,281 | 0,18 | 0,59 | 0,3 | 1,077 |
| Myrtaceae | <i>Psidium myrtoides</i> O.Berg | 24 | 12 | 0,195 | 0,27 | 0,59 | 0,21 | 1,076 |
| Styracaceae | <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart. | 22 | 13 | 0,15 | 0,25 | 0,64 | 0,16 | 1,053 |
| Salicaceae | <i>Casearia sylvestris</i> Sw. | 19 | 13 | 0,09 | 0,22 | 0,64 | 0,1 | 0,955 |
| | <i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) | | | | | | | |
| Fabaceae | Altschul | 16 | 6 | 0,436 | 0,18 | 0,3 | 0,47 | 0,95 |
| | <i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltld.) | | | | | | | |
| Araliaceae | Frodin | 20 | 10 | 0,198 | 0,23 | 0,49 | 0,21 | 0,935 |
| Fabaceae | <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. | 14 | 10 | 0,185 | 0,16 | 0,49 | 0,2 | 0,852 |
| Opiliaceae | <i>Agonandra brasiliensis</i> Miers. | 20 | 10 | 0,11 | 0,23 | 0,49 | 0,12 | 0,84 |
| Lamiaceae | <i>Aegiphila sellowiana</i> Cham. | 14 | 11 | 0,118 | 0,16 | 0,54 | 0,13 | 0,829 |
| | <i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S. Irwin & | | | | | | | |
| Fabaceae | Barneby | 24 | 7 | 0,123 | 0,27 | 0,34 | 0,13 | 0,752 |

| | | | | | | | | |
|------------------|---|----|----|-------|------|------|------|-------|
| Proteaceae | <i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl. | 20 | 7 | 0,151 | 0,23 | 0,34 | 0,16 | 0,736 |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil. | 13 | 10 | 0,051 | 0,15 | 0,49 | 0,06 | 0,696 |
| | <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K. Schum. | 13 | 9 | 0,065 | 0,15 | 0,44 | 0,07 | 0,662 |
| Rubiaceae | | 13 | 9 | 0,065 | 0,15 | 0,44 | 0,07 | 0,662 |
| Sapotaceae | <i>Pouteria</i> sp. | 14 | 7 | 0,128 | 0,16 | 0,34 | 0,14 | 0,643 |
| Celastraceae | <i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G. Don | 10 | 9 | 0,053 | 0,11 | 0,44 | 0,06 | 0,614 |
| Annonaceae | <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltld. | 16 | 6 | 0,09 | 0,18 | 0,3 | 0,1 | 0,575 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima crassa</i> Nied. | 12 | 7 | 0,048 | 0,14 | 0,34 | 0,05 | 0,534 |
| Fabaceae | <i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul. | 11 | 6 | 0,042 | 0,13 | 0,3 | 0,05 | 0,467 |
| Moraceae | <i>Ficus</i> sp. | 5 | 3 | 0,239 | 0,06 | 0,15 | 0,26 | 0,463 |
| Rubiaceae | <i>Palicourea rigida</i> HBK. | 11 | 6 | 0,035 | 0,13 | 0,3 | 0,04 | 0,459 |
| Sapindaceae | <i>Matayba guianensis</i> Aubl. | 11 | 6 | 0,033 | 0,13 | 0,3 | 0,04 | 0,456 |
| Connaraceae | <i>Rourea induta</i> Planch. | 13 | 5 | 0,036 | 0,15 | 0,25 | 0,04 | 0,434 |
| Apocynaceae | <i>Hancornia speciosa</i> Gomes | 6 | 6 | 0,057 | 0,07 | 0,3 | 0,06 | 0,425 |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose | 5 | 5 | 0,088 | 0,06 | 0,25 | 0,1 | 0,398 |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum</i> sp.1 | 6 | 6 | 0,03 | 0,07 | 0,3 | 0,03 | 0,397 |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum</i> sp.2 | 11 | 4 | 0,059 | 0,13 | 0,2 | 0,06 | 0,386 |
| Melastomataceae | <i>Miconia burchellii</i> Triana | 7 | 5 | 0,054 | 0,08 | 0,25 | 0,06 | 0,384 |
| Bignoniaceae | <i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. | 6 | 5 | 0,046 | 0,07 | 0,25 | 0,05 | 0,364 |
| Simaroubaceae | <i>Simarouba versicolor</i> A. St. Hil. | 5 | 5 | 0,053 | 0,06 | 0,25 | 0,06 | 0,361 |
| Asteraceae | <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker | 5 | 5 | 0,034 | 0,06 | 0,25 | 0,04 | 0,34 |
| Chrysobalanaceae | <i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc. | 4 | 2 | 0,18 | 0,05 | 0,1 | 0,19 | 0,339 |
| | <i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll. | 5 | 4 | 0,059 | 0,06 | 0,2 | 0,06 | 0,318 |
| Apocynaceae | Arg. | 5 | 4 | 0,059 | 0,06 | 0,2 | 0,06 | 0,318 |
| Myrtaceae | <i>Myrcia</i> sp. 3 | 6 | 2 | 0,116 | 0,07 | 0,1 | 0,13 | 0,292 |
| Dilleniaceae | <i>Curatela americana</i> L. | 4 | 3 | 0,084 | 0,05 | 0,15 | 0,09 | 0,284 |
| Fabaceae | <i>Styryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville | 7 | 3 | 0,052 | 0,08 | 0,15 | 0,06 | 0,284 |
| Fabaceae | <i>Machaerium opacum</i> Vogel | 4 | 4 | 0,027 | 0,05 | 0,2 | 0,03 | 0,271 |
| Euphorbiaceae | <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | 11 | 2 | 0,042 | 0,13 | 0,1 | 0,05 | 0,269 |
| | <i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. et Zucc.) A. Rob. | 3 | 3 | 0,068 | 0,03 | 0,15 | 0,07 | 0,256 |
| Malvaceae | | 3 | 3 | 0,068 | 0,03 | 0,15 | 0,07 | 0,256 |
| Anacardiaceae | <i>Astronium faxinifolium</i> Schott & Spreng. | 5 | 2 | 0,079 | 0,06 | 0,1 | 0,08 | 0,241 |
| Apocynaceae | <i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson | 4 | 3 | 0,022 | 0,05 | 0,15 | 0,02 | 0,218 |
| Primulaceae | <i>Cybianthus gardneri</i> (A.DC.) G.Agostini | 4 | 3 | 0,02 | 0,05 | 0,15 | 0,02 | 0,215 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima</i> sp. | 3 | 3 | 0,01 | 0,03 | 0,15 | 0,01 | 0,193 |
| Fabaceae | <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr. | 3 | 3 | 0,01 | 0,03 | 0,15 | 0,01 | 0,193 |
| Combretaceae | <i>Terminalia argentea</i> Mart. & Succ. | 2 | 2 | 0,063 | 0,02 | 0,1 | 0,07 | 0,189 |
| | <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire Steyerm & Frodim | 4 | 2 | 0,039 | 0,05 | 0,1 | 0,04 | 0,186 |
| Araliaceae | | 4 | 2 | 0,039 | 0,05 | 0,1 | 0,04 | 0,186 |
| Rubiaceae | <i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze | 3 | 2 | 0,014 | 0,03 | 0,1 | 0,02 | 0,148 |
| Asteraceae | <i>Eremanthus</i> sp. | 3 | 2 | 0,008 | 0,03 | 0,1 | 0,01 | 0,142 |
| Melastomataceae | <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana | 2 | 2 | 0,008 | 0,02 | 0,1 | 0,01 | 0,13 |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum</i> sp4 | 2 | 2 | 0,009 | 0,02 | 0,1 | 0,01 | 0,13 |

| | | | | | | | | |
|-----------------|--|------|----|-------|------|------|------|-------|
| Rubiaceae | <i>Alibertia edulis</i> (L. L. Rich.) A. C. Rich. | 2 | 2 | 0,006 | 0,02 | 0,1 | 0,01 | 0,128 |
| Myristicaceae | <i>Virola sebifera</i> Aubl. | 2 | 1 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,083 |
| Polygonaceae | <i>Coccoloba mollis</i> Casar. | 2 | 1 | 0,008 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,081 |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum</i> sp.3 | 2 | 1 | 0,008 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,081 |
| Lauraceae | <i>Aiouea</i> sp. | 1 | 1 | 0,014 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,076 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima sericea</i> DC. | 1 | 1 | 0,008 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,069 |
| Arecaceae | <i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc. | 1 | 1 | 0,007 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,068 |
| Arecaceae | <i>Attalea humilis</i> Mart. | 1 | 1 | 0,006 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,067 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss. | 1 | 1 | 0,006 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,067 |
| Rubiaceae | <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg. | 1 | 1 | 0,006 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,067 |
| Melastomataceae | <i>Miconia punctata</i> (Desr.) DC. | 1 | 1 | 0,005 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,066 |
| Solanaceae | <i>Solanum lycocarpum</i> A. St. Hil. | 1 | 1 | 0,005 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,066 |
| Anacardiaceae | <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | 1 | 1 | 0,005 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,066 |
| Annonaceae | <i>Annona dioica</i> A. St.-Hil. | 1 | 1 | 0,002 | 0,01 | 0,05 | 0 | 0,063 |
| Fabaceae | <i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud. | 1 | 1 | 0,003 | 0,01 | 0,05 | 0 | 0,063 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss. | 1 | 1 | 0,002 | 0,01 | 0,05 | 0 | 0,063 |
| Fabaceae | <i>Dipteryx alata</i> Vogel | 1 | 1 | 0,002 | 0,01 | 0,05 | 0 | 0,063 |
| Rubiaceae | <i>Guettarda viburnoides</i> Cham. Et Schltr. | 1 | 1 | 0,002 | 0,01 | 0,05 | 0 | 0,063 |
| Myrtaceae | <i>Psidium</i> sp. | 1 | 1 | 0,002 | 0,01 | 0,05 | 0 | 0,063 |
| Siparunaceae | <i>Siparuna guianensis</i> Aubl. | 1 | 1 | 0,002 | 0,01 | 0,05 | 0 | 0,063 |
| Total | | 8749 | 51 | 92,51 | 100 | 100 | 100 | 300 |

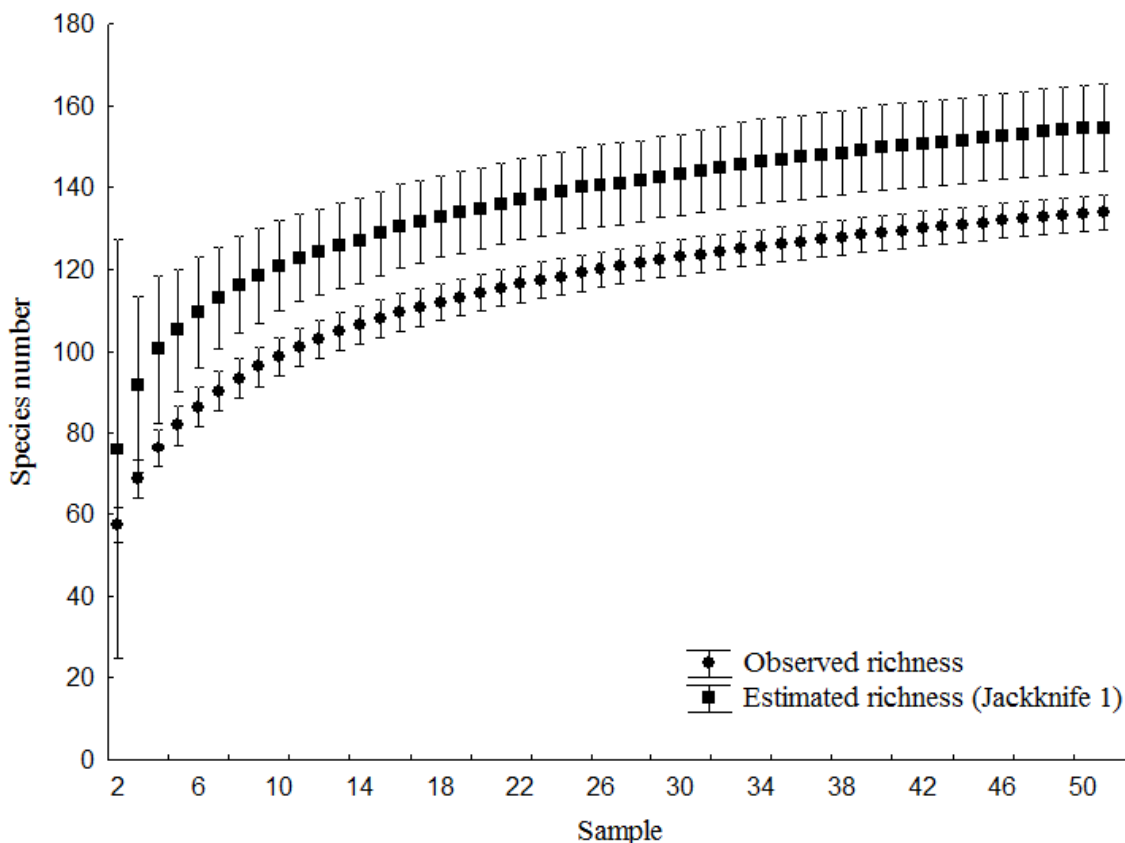


Figure 2. Rarefied curve of woody plant species richness (observed and estimated – Jackknife 1), in Cerrado Denso fragments in the Upper Basin of the Araguaia River, Goiás and Mato Grosso states, Brazil. southwest of Goiás state, Brazil.

The dead specimens had the largest importance value index (IVI = 17.31). Apart from this finding, the species with the ten largest IVIs are noted: *Emmotum nitens* (IVI = 14.34), *Qualea parviflora* (IVI = 13.45), *Buchenavia tomentosa* (IVI = 11.83), *Mezilaurus crassiramea* (IVI = 10.81), *Qualea grandiflora* (IVI = 9.90), *Tachigali vulgaris* (IVI = 9.80), *Xylopia aromatica* (IVI = 7.29), *Aspidosperma multiflorum* (IVI = 7.11) and *Pterodon emarginatus* (IVI = 6.90) (table 1). Some species, such as *Q. parviflora* (N = 417 individuals), *E. nitens* (N = 400 individuals), *B. tomentosa* (N = 364 individuals), *Guapira hirsuta* (N = 330 individuals), *A. multiflorum* (N = 311 individuals), and *X. aromatica* (N = 303 individuals), had large numbers of individuals. In contrast, 29 species were represented by, at most, five individuals in the studied fragments.

The number of individuals per fragment varied from 228 to 681 (514.64 ± 129.55 individuals; $N = 17$ fragments), whereas the species richness per fragment varied from 41 to 73 species (59.88 ± 8.73 species; $N = 17$ fragments). Shannon's diversity index per fragment varied from 2.86 to 3.72 (3.42 ± 0.23 ; $N = 17$ fragments) (table 2). In 1985, the fragments' areas varied between 68 and 2,686 ha ($X = 615.65 \pm 656.11$ ha; $N = 17$ fragments), whereas in 2013, the areas of these fragments varied between 65 and 275 ha ($X = 121.76 \pm 60.42$ ha; $N = 17$ fragments). The areas of the studied fragments significantly decreased ($F_{(3,64)} = 7.316$; $p < 0.001$) between 1985 and 2013 (figure 3, table 2).

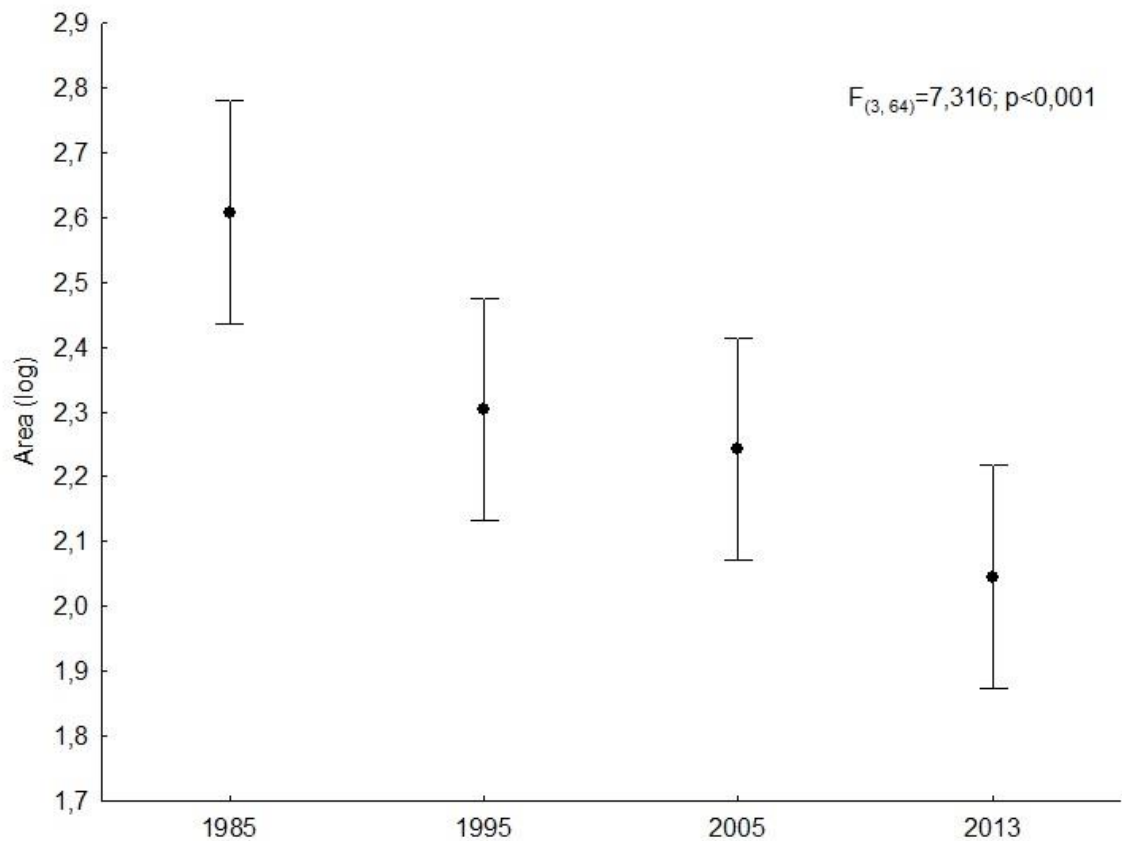


Figure 3. Area of the sampled fragments along the decades (1985, 1995, 2005 and 2013).
*Tukey's test ($p < 0.001$).

Table 2. Area of the 17 Cerrado Denso fragments in the years 1985, 1995, 2005 and 2013. N = individual number per fragments; S = Observed species richness; (H') = Shannon's diversity index (nats. ind-1).

| Fragment | Fragment Size (ha) | | | | N | S | H' |
|----------|--------------------|------|------|------|-----|----|------|
| | 1985 | 1995 | 2005 | 2013 | | | |
| 1 | 559 | 415 | 469 | 275 | 372 | 48 | 3,03 |
| 2 | 417 | 101 | 101 | 101 | 488 | 50 | 3,25 |
| 3 | 182 | 81 | 79 | 69 | 607 | 69 | 3,68 |
| 4 | 2686 | 1506 | 509 | 173 | 603 | 63 | 3,52 |
| 5 | 624 | 420 | 153 | 96 | 631 | 64 | 3,57 |
| 6 | 347 | 221 | 253 | 173 | 681 | 73 | 3,45 |
| 7 | 454 | 183 | 181 | 181 | 638 | 63 | 3,33 |
| 8 | 209 | 85 | 131 | 66 | 611 | 71 | 3,72 |
| 9 | 390 | 149 | 95 | 87 | 671 | 68 | 3,66 |
| 10 | 1482 | 738 | 742 | 111 | 228 | 50 | 3,29 |
| 11 | 318 | 343 | 376 | 144 | 325 | 55 | 3,57 |
| 12 | 143 | 110 | 53 | 74 | 409 | 61 | 3,39 |
| 13 | 110 | 114 | 54 | 67 | 524 | 63 | 3,48 |
| 14 | 486 | 138 | 253 | 109 | 477 | 57 | 3,2 |
| 15 | 68 | 64 | 79 | 76 | 560 | 60 | 3,53 |
| 16 | 1253 | 76 | 73 | 65 | 426 | 41 | 2,86 |
| 17 | 738 | 569 | 615 | 203 | 498 | 62 | 3,64 |

The historical area loss in the fragments was not related to the number of individuals per fragment ($r^2 = 0.0109$; $p = 0.6897$), the species richness ($r^2 = 0.0460$; $p = 0.4084$) or Shannon's diversity index ($r^2 = 0.0395$; $p = 0.4443$) (table 3). In addition, the current area of the fragments was not related to the number of individuals ($r^2 = 0.127$; $p = 0.6661$), the observed species richness ($r^2 = 0.0151$; $p = 0.6380$) or Shannon's diversity index ($r^2 = 0.0423$; $p = 0.4286$) (table 3). There was no correlation between species similarity and geographic distance ($r = -0.035$; $p = 0.63$) between the fragments sampled in the Upper Basin of the Araguaia.

Table 3. Regression analysis between ecological parameters (eg, individual number, observed species richness and Shannon's diversity index) and loss habitat and fragments size.

| | Habitat loss | | | Fragment size | | |
|---------------------------|-----------------------|----------|----------------------------|-----------------------|----------|-----------------------------|
| | <i>r</i> ² | <i>p</i> | Function | <i>r</i> ² | <i>p</i> | Function |
| Individual number | 0,0109 | 0,689 | $y = 548,185 - 0,5226 * x$ | 0,0127 | 0,666 | $y = 544,1264 - 0,2421 * x$ |
| Species richness | 0,046 | 0,4084 | $y = 64,5244 - 0,0723 * x$ | 0,0151 | 0,638 | $y = 62,0494 - 0,0178 * x$ |
| Shannon's diversity index | 0,0395 | 0,444 | $y = 3,5388 - 0,0018 * x$ | 0,042 | 0,428 | $y = 3,5203 - 0,0006 * x$ |

DISCUSSION

The present study describes the woody plant community structure in Dense Cerrado fragments in the Upper Basin of the Araguaia River, in which high species diversity was observed. The species richness observed in this study was greater than that reported for other Dense Cerrado areas (63 species – Andrade *et al.*, 2002; 87 species – Latansio-Aidar *et al.*, 2010; 54 species – Pinheiro & Durigan, 2012). However, the number of woody plant species in these fragments may be even greater, as, according to the Jackknife 1 estimator, approximately 20 additional species may be recorded in this area with a greater sampling effort. This trend may be confirmed by analyzing the species accumulation curve (figure 1), in which the confidence intervals for estimated richness did not overlap with the observed values.

Felfili *et al.* (2004) performed a large-scale study on diversity and floristic composition patterns in Cerrado vegetation. In their study, the absolute density, the basal area and Shannon's diversity index varied, respectively, between 628 and 1396 ind.ha⁻¹, 5.79 and 11.3 m².ha⁻¹, and 3.044 and 3.734 nats.ind⁻¹. The values observed for absolute density (1715.49 ind.ha⁻¹), basal area (18,13 m².ha⁻¹), and Shannon's diversity index (4.03 nats.ind⁻¹) in our study were greater than those reported by Felfili *et al.* (2004). Moreover, the absolute density, the basal area, and Shannon's diversity index observed in our study were greater than those obtained in other Dense Cerrado areas (Andrade *et al.*, 2002; Latansio-Aidar *et al.*, 2010; Pinheiro & Durigan, 2012).

Overall, the greater diversity found for the Upper Basin of the Araguaia River compared to other studies may be explained by the large sampling effort (approximately 5 hectares) and the fact that the fragments had areas of over 50 hectares. In our study, the Fabaceae family had the largest number of species. This pattern has been observed in a variety of studies in Cerrado areas (*e.g.*, Ratter *et al.*, 2001; Ruggiero *et al.*, 2002; Bueno *et al.*, 2013; Rossato, 2014; Soares *et al.*, 2015) and likely reflects a strong evolutionary relationship of the species classified as Fabaceae with the environmental characteristics typical of the Cerrado (Klein, 1975).

According to Ratter *et al.* (2003), approximately 25% (N = 33) of the species recorded in the present study are widely distributed throughout the Cerrado. Of the species with the greatest importance values recorded in our study, *A. multiflorum*, *B. tomentosa*, *E. nitens*, *M. crassiramea*, *P. emarginatus*, *Q. grandiflora*, *Q. parviflora*, *T. vulgaris* and *X. aromatica* deserve special attention, as they, combined, were responsible for approximately 37% of the importance value. Special notice should be

given to *Q. parviflora*, *Q. grandiflora* and *X. aromatica*, as they have wide geographic distributions and are therefore listed among the species with the highest importance values in other Cerrado areas (Andrade *et al.*, 2002; Latansio-Aidar *et al.*, 2010; Bueno *et al.*, 2013).

During the last decades, the Dense Cerrado fragments sampled in the present study experienced considerable area losses. These changes are likely associated with the expansion of pasture areas, which are the main land use in this region. According to Brannstrom *et al.* (2008), there is a lack of information on the actual rate, extension and pattern of land use change in the Cerrado. Therefore, this study was based on field-validated maps of land use change and is useful to fill a gap in knowledge on the Cerrado.

This type of information is important to support Cerrado conservation, as recent studies show that habitat loss has been negatively affecting the biodiversity of this domain even within protected areas (e.g., Franoso *et al.*, 2015). However, future scenarios are less clear because, in some cases, the new forest code exempts rural producers from the responsibility of recovering the Permanent Protection Areas and the Legal Reserves (Soares-Filho *et al.*, 2014). These authors also highlight that deforestation rates may increase because the new Forest codes allow additional deforestation in this Brazilian region, contributing to the loss of environmental heterogeneity.

Myers (1996) states that the consequences of the biodiversity crisis include the homogenization of the biota due to the loss of a large number of species, mostly due to the degradation of natural ecosystems and to the human activities related to agricultural expansion, which eventually replace the natural heterogeneity with monocultures. Cerqueira *et al.* (2005) state that habitat loss and fragmentation may result in severe environmental problems, including loss of diversity and functional groups, simplification of ecological systems and the consequent loss of environmental functions and services. In addition, Haddad *et al.* (2015) suggest that future studies will provide new insight about habitat fragmentation, because they should consider additional approaches, such as extinct debt, immigration delay and ecosystem functioning debt.

In spite of this evidence, the area lost throughout the years and the current fragment sizes did not affect the ecological parameters of the Dense Cerrado vegetation in the Upper Basin of the Araguaia River. These results do not corroborate the initial hypothesis of the present study; therefore, they do not agree with the results reported for

the Cerrado (e.g., Carmo et al. 2011). In addition, Santos et al. (2007) have observed a positive relationship between floristic similarity and geographic distance of remnants in northern Minas Gerais, with fragments located closer to each other being more floristically similar. Such a relationship was not observed in our study, suggesting that the species have a highly heterogeneous geographic distribution. This finding was especially true for our study, as, from a total of 51 plots, approximately 50% of the sampled species were found in, at most, 10 plots.

ACKNOWLEDGMENTS

MNS and SSC thank the CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for the PhD scholarship granted and Universal Project no. 479010-9, which funded this research. The authors thanks to the Professors Dr. José Afonso Brod and Dr. Tereza Cristina Junqueira Brod for logistic support and to Prof. Dr. Gisele Menino for identifying the material and for sharing statistical analysis techniques. Thanks to Prof. Dr. Karla M. S. Faria, Hellbia S. de Moreira, and Lucas Espíndola, who were involved in data collection, and to field assistant Sebastião de Souza Silva.

REFERENCES

- A.P.G. [= Angiosperm Phylogeny Group] III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linnean Soc* 161:105-121. doi: 10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x
- Ab'Saber AN (1977) Os domínios morfoclimáticos da América do Sul. *Geomorfologia* 52:1-22.
- Andrade LAZ, Felfili JM, Violatti L (2002) Fitossociologia de uma área de Cerrado Denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. *Acta Bot Bras* 16(2):225-240. doi: 10.1590/S0102-33062002000200009
- Batalha MA, Mantovani W, Mesquita Júnior HN (2001) Vegetation structure in Cerrado physionomies in south-eastern Brazil. *Brasil J Biol* 61(3):475-483. doi: 10.1590/S1519-69842001000300018
- Brannstrom C, Jepson W, Filippi AM, Redo D, Xu Z, Ganesh S (2008). Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986–2002: Comparative analysis and

- implications for land-use policy. *Land Use Policy* 25:579–595. doi: 10.1016/j.landusepol.2007.11.008
- Brower JE, Zar JH (1984) *Field and laboratory methods for general ecology*. W. M. C. Brow, Iowa
- Bueno ML, Neves DRM, Souza AF, Oliveira Junior E, Damasceno Junior GA, Pontara V, Laura VA, Ratter JA (2013) Influence of edaphic factors on the floristic composition of na área of cerradão in the Brazilian central-west. *Acta Bot Bras* 27(2):445-455. doi: 10.1590/S0102-33062013000200017
- Cabacinha CD, Castro SS, Gonçalves DA (2010) Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Araguaia na savana brasileira. *Floresta* 40 (4):675-690. doi: 10.5380/ufv40i4.20318
- Carmo AB, Vasconcelos HL, Araújo GM (2011) Estrutura da comunidade de plantas lenhosas em fragmentos de Cerrado: relação com o tamanho do fragmento e seu nível de perturbação. *Rev bras Bot* 34(1):31-38. doi: 10.1590/S0100-84042011000100004
- Cerqueira R, Brant A, Nascimento MT, Pardini R (2005) Fragmentação: alguns conceitos. In: Rambaldini DM, Oliveira DAS (eds) *Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*, 2nd edn. MMA/SBF, Brasília, pp 23-40
- Cientec (2010) *Mata Nativa 3. Sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas*. Viçosa - MG: Cientec - Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda.
- Coddington JA, Griswold CE, Silva D, Penãranda D, Larcher S (1991) Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical ecosystems. In: Dudley EC (ed) *Proceedings of the fourth international congress of systematic and evolutionary biology. The unity of evolutionary biology*. Dioscorides Press, Portland, pp 44-60
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos T R Soc B* 345:101-118. doi: 10.1098/rstb.1994.0091
- Faria KMS (2011) *Paisagens fragmentadas e viabilidade de recuperação para a Sub-bacia do Rio Claro (GO)*. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Goiás
- Faria KMS, Castro SS (2007) Uso da terra e sua relação com os remanescentes de cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS). *Geografia (Rio Claro)* 32:657-668.

- Faria KMS, Castro SS (2013) Mudanças de uso do solo na Alta Bacia do Rio Araguaia e as relações com as políticas públicas de 1975 a 2010. In: Silva SD, Pietrafesa JP, Franco JLA, Drummond JA, Tavares GG (eds) *Fronteira Cerrado: sociedade e natureza no oeste do Brasil*. 1st edn. Editora da PUC Goiás, Goiânia, pp 315-330
- Faria KMS, Siqueira MN, Carneiro GT, Castro SS (2012) Análise Geoecológica da Conservação Ambiental das Sub-bacias do Rio Claro (GO) e do Rio Garças (MT). *RNEcotur* 5:113-118.
- Felfili JM, Carvalho FA, Haidar RF (2005). *Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal*. EdUnB, Brasília
- Felfili JM, Rezende AV, Silva Junior MC, Silva MA (2000) Changes in the floristic composition of cerrado sensu stricto in Brazil over a nine-year period. *J Trop Ecol* 16:579-590. doi: <http://dx.doi.org/>
- Felfili JM, Silva Junior MC, Sevilha AC, Fagg CW, Walter BMT, Nogueira PE, Rezende AB (2004) Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in central Brazil. *Plant Ecol* 175:37-46. doi: 10.1023/B:VEGE.0000048090.07022.02
- Felfili JM, Silva Junior MC, Rezende AV, Machado JWB, Walter BMT, Nogueira PE, Hay JD (1993) Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado sensu stricto da Chapada Pratinha Brazil. *Acta Bot Bras* 6(2):27-46. doi: 10.1590/S0102-33061992000200003
- Françoso RD, Brandão R, Nogueira CC, Salmona YB, Machado RB, Colli GR (2015) Habitat loss and the effectiveness of protected áreas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Nat Conservação* 13(1):35-40. doi: 10.1016/j.ncon.2015.04.001
- Haddad NM, Brudvig LA, Clobert J, Davies KF, Gonzalez A, Holt RD, Lovejoy TE, Sexton JO, Austin MP, Collins CD, Cook WM, Damschen EI, Ewers RM, Foster BL, Jenkins CN, King AJ, Laurance WF, Levey DJ, Margules CR, Melbourne BA, Nicholls AO, Orrock JL, Song DX, Townshend JR (2015) Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* 1(2): e1500052. doi: 10.1126/sciadv.1500052
- Klink CA (1996) Relação entre o desenvolvimento agrícola e a biodiversidade. In: Pereira RC, Nasser LCB (eds.) *Anais VIII Simpósio sobre o Cerrado, 1stInternational Symposium on Tropical Savanas - Biodiversidade e Produção Sustentável de Alimentos e fibras nos Cerrados*. Embrapa CPAC, Brasília, pp 25-27.

- Klink CA, Machado RB (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv Biol* 19(3):707-713. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x
- Krebs CJ (1999) *Ecological Methodology*. Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park
- Lapola DM, Martinelli LA, Peres CA, Ometto JPHB, Ferreira ME, Nobre CA, Aguiar APD, Bustamante MMC, Cardoso MF, Costa MH, Joly CA, Leite CC, Moutinho P, Sampaio G, Strassburg BBN, Vieira ICG (2014) Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nature Clim Change* 4:27-35. doi: 10.1038/nclimate2056
- Latansio-Aidar SR, Oliveira ACP, Rocha HR, Aidar MPM (2010). Fitossociologia de um Cerrado Denso em área de influência de torre de fluxo de carbono, Pé-de-Gigante, Parque Estadual de Vassununga, SP. *Biota Neotrop* 10(1):195-207. doi: 10.1590/S1676-06032010000100020
- Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Accessed 12 January 2016
- Lopes SF, Vale VS, Oliveira AP, Schiavini I (2011) Análise comparativa da estrutura e composição florística de Cerrado no Brasil Central. *Interciência* 36(1):8-15
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H (1974) *Aims and methods of vegetation ecology*. Willey & Sons, New York
- Myers N (1996) The biodiversity crisis and the future of evolution. *The Environmentalist* 16: 37-47. doi: 10.1007/BF01325613
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspot for conservation priorities. *Nature* 403:853-858. doi:10.1038/35002501
- Pinheiro ES, Durigan G (2012) Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias do Cerrado em Assis, SP, Brasil. *Rev Arvore* 36(1):181-193. Doi: 10.1590/S0100-67622012000100019
- Pinto MN (1990) *Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas*. Editora UNB, Brasília
- Ratter JA, Bridgewater S, Ribeiro JF (2003) Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60:57-109. doi: 10.1017/S0960428603000064
- Ratter JA, Ribeiro JF, Bridgewater S (1997) The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann Bot London* 80(3): 223-230

- Ribeiro JF, Walter BT (1998) Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP (eds) Cerrado: ambiente e flora. Embrapa – Cpac, Planaltina, pp 88-166
- Ribeiro JF, Walter BT (2008) As Principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP (eds) Cerrado: ambiente e flora. Embrapa – Cpac, Planaltina, pp 151-212
- Rossatto DR (2014) Spatial patterns of species richness and phylogenetic diversity of woody plants in the neotropical savanas of Brazil. *Braz J Bot* 37(3):283-292. doi: 10.1007/s40415-014-0070-5
- Ruggiero PGC, Batalha MA, Pivello VR, Meirelles ST (2002) Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian Savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecol* 160:1-16. doi: 10.1023/A:1015819219386
- Santos RM, Vieira FA, Faundes M, Nunes YRF, Gusmão E (2007) Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. *Rev Arvore* 31(1):135-144. doi: 10.1590/S0100-67622007000100015
- Silva JMC, Bates JM (2002) Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52:225-233. doi: 10.1641/0006-3568(2002)052[0225:BPACIT]2.0.CO;2
- Silva LO, Costa DA, Santo Filho KE, Ferreira HD, Brandão D (2002) Levantamento florístico e fitossociológico em duas áreas de cerrado sensu stricto no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. *Acta Bot Bras* 16: 43-53. doi: 10.1590/S0102-33062002000100006
- Siqueira MN (2012) Avaliação geoecológica do processo de fragmentação dos remanescentes de cerrado na sub-bacia do rio das Garças (MT). Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás
- Soares-Filho B, Rajão R, Macedo M, Carneiro A, Costa W, Coe M, Rodrigues H, Alencar A (2014) Cracking Brazil's Forest Code. *Science* 344:363-364
- W3 Tropicos, Mobot. Missouri botanical garden. <http://www.mobot.org>. Accessed 15 January 2016
- Zar JH (1996) *Biostatistical Analysis*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

ARTIGO 2

O EFEITO DE BORDA EM REMANESCENTE DE CERRADO DENSO NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA, BRASIL CENTRAL

Mariana N. Siqueira e Selma Simões de Castro

O efeito de borda em remanescente de Cerrado Denso na Alta Bacia do rio Araguaia, Brasil Central

Mariana Nascimento Siqueira¹ e Selma Simões de Castro²

Resumo: O efeito de borda é uma das consequências da fragmentação de habitats que reduz a qualidade ambiental de fragmentos nativos e é pouco estudado no Cerrado. Este estudo avaliou respostas da borda de 17 fragmentos representativos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia (GO e MT), com o critério de inclusão $D_{30} \geq 5$ cm em 51 parcelas, sendo 1 parcela de 50 x 20 m em cada ambiente do fragmento (borda, intermediário e área central). Os fragmentos foram selecionados a partir de variáveis como: o tamanho do fragmento (> 50 ha), forma (não linear), perturbação, matriz circundante. A comparação entre os ambientes de borda e os demais se deu através das variáveis: riqueza estimada, área basal da comunidade, densidade de indivíduos, riqueza observada e índice de Shannon, a composição de espécies, a existência de espécies indicadoras e a similaridade. Foram registradas 116 espécies na borda, 110 no ambiente intermediário e 107 na área central. Apenas 3 espécies indicadoras foram constatadas no ambiente central dos fragmentos. Os pressupostos não foram corroborados, não existindo diferenças ecológicas e estruturais na comunidade lenhosa de fragmentos de Cerrado Denso maiores que 50 ha, em matriz de pastagem e em Neossolos Quartzarênicos.

Palavras-chave: Fragmentos, Formações Savânicas, Comunidade Lenhosa

Abstract: The edge effect is one of the consequences of habitat fragmentation that reduces the environmental quality of native fragments and is little studied in the Cerrado. This study evaluated responses of the edge of 17 fragments of Cerrado Denso in the Upper Araguaia River Basin (GO and MT), with the inclusion criterion $D_{30} \geq 5$ cm on 51 share, with 1 share of 50 x 20 m in each environment of the fragment (edge, intermediate and core area). The fragments were selected from variables such as: the size of the fragment (> 50 ha), no linear shape, disturbance, matrix, among others. The comparison between environments edge and other environments was through the variables: estimated richness, basal area of the community, density of individuals, observed richness and Shannon's index, species composition, the presence of indicator species and the similarity. 116 species were registered on the edge, 110 in the intermediate environment and 107 in the core area. Only 3 indicator species were found in the core environment of the fragments. The assumptions were not supported, there isn't ecological and structural differences in the woody community of Cerrado Denso fragments larger than 50 ha, in matrix pasture and Neossolos Quartzarênicos.

Key-words: Fragments, Savanna Formations, Woody community

Introdução

As alterações causadas por atividades antrópicas podem incidir negativamente sobre os componentes da biodiversidade, uma vez que tais atividades causam perda e fragmentação de habitat, poluição ambiental, caça, além de invasão de espécies exóticas (Lande, 1998; Brooks *et al.*, 2002; Laurance *et al.*, 2011). Tais fatores podem agir de forma isoladamente ou de maneira combinada e sinérgica, sendo que estes últimos potencializam ainda mais as consequências negativas da degradação sobre a biodiversidade (Fahrig, 2003). A fragmentação de habitat é um processo, de origem natural ou antrópica, que promove a divisão de um habitat contínuo em fragmentos menores, os quais apresentam certo grau de isolamento e condições ambientais diferentes daquelas de seu entorno (Wilcove *et al.* 1986; Corlett, 2000; Tabarelli *et al.*, 2004; Cerqueira *et al.* 2005).

A fragmentação promove não apenas uma evidente redução na área original dos habitats, mas também extinções locais e alterações na abundância e composição de espécies, resultando em alterações ou perdas de processos ecossistêmicos (Scariot *et al.*, 2005; Quesnelle *et al.*, 2013; Haddad *et al.*, 2015). Dentre as consequências da fragmentação de habitat, o efeito de borda é uma das mais representativas, podendo causar variados impactos negativos em relação a biodiversidade (Laurance *et al.*, 2011). Murcia (1995) define o efeito de borda como o resultado da interação entre dois ambientes adjacentes quando separados por uma transição abrupta. De acordo com Murcia (1995) o efeito de borda pode ser categorizado em três diferentes níveis: abiótico, que refere-se às alterações nas condições físicas e microclimáticas; biológico direto, que refere-se às alterações na abundância e distribuição de espécies; e biológicos indiretos, que refere-se às alterações nas interações ecológicas entre as espécies.

De maneira geral, as respostas mais comumente encontradas devido ao efeito de borda, relacionam-se à perda de espécies de fauna, ao predomínio de espécies pioneiras como trepadeiras e lianas nas bordas, além de invasão e competição nas bordas por determinadas espécies (Pires *et al.*, 2006). Para a flora, em especial, as principais respostas podem envolver mudanças estruturais na vegetação, uma vez que a distribuição, abundância, riqueza de espécies tendem a ser alterados pelo efeito de borda (Laurance *et al.*, 2011). Espécies de árvores que são sensíveis às alterações impostas pelo efeito de borda podem ser extintas localmente e, portanto, desencadear extinções em níveis tróficos superiores ou extinções em cascata (Terborgh, 1992; Turner, 1996).

Por outro lado, um pequeno grupo de espécies adaptadas às perturbações antrópicas, principalmente árvores e arbustos pioneiros, tenderão a dominar os fragmentos, especialmente as bordas (Laurance e Bierregaard, 1997).

O Cerrado possui a mais rica flora dentre todas as savanas do mundo, no entanto, nas últimas quatro décadas mais da metade de seu território foi convertido em pastagens plantadas e culturas anuais (Klink e Machado, 2005; Brannstrom *et al.*, 2008; Lapola *et al.*, 2014; Soares-Filho *et al.*, 2014). Nenhum outro bioma no mundo tem sido ou foi destruído de forma tão rápida e intensa quanto o Cerrado (Latrubesse *et al.*, 2009). As alterações ocorridas no Cerrado têm apresentado estimativas assustadoras de perda de biodiversidade, mas que ainda não foram totalmente mapeadas (Machado *et al.*, 2004). Desta forma, observam-se conflitos de conservação no Cerrado, como consequências do seu intenso processo de ocupação (Diniz-Filho *et al.*, 2006; Rangel *et al.*, 2006).

Diversas fitofisionomias são encontradas no Cerrado (Ribeiro & Walter, 2008). Dentre estas, o Cerrado Denso é a forma mais densa e alta de Cerrado sentido restrito, no qual a vegetação é predominantemente arbórea, com cobertura variando entre 50% a 70% (Ribeiro & Walter, 2008). Na Alta Bacia do rio Araguaia, a fitofisionomia de Cerrado Denso foi uma das mais afetadas pelo processo de perda e fragmentação de habitat, sendo substituída por paisagens dominadas por pastagem (Faria e Castro, 2007; 2013). Diante deste cenário alarmante, o presente estudo investigou a vegetação lenhosa em 17 fragmentos de Cerrado Denso, situados na Alta Bacia do rio Araguaia, e testou a hipótese de que o gradiente borda-interior afeta a estrutura da comunidade de plantas lenhosas.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

A Alta Bacia do Rio Araguaia possui área aproximada de 62.384,41 km² e está distribuída pelos estados de Goiás (34 municípios), Mato Grosso (14) e Mato Grosso do Sul (1) (Faria e Castro, 2007). Esta bacia hidrográfica está situada entre as latitudes 18° 03' 53" e 15° 21' 46" Sul e as longitudes 53° 58' 27" e 50° 01' 53" Oeste. Nessa área, o Cerrado é o principal domínio fitogeográfico, no qual observa-se diferentes fitofisionomias, tais como: Mata Ciliar, Cerradão, Cerrado *strictu sensu* e Cerrado Denso (Faria e Castro, 2007). Em 2003, a fitofisionomia de Cerrado Denso correspondia a uma área de 7,4% da área total da Alta Bacia do rio Araguaia e estavam

distribuídas em 18.820 fragmentos. Nesta área, predominam solos arenosos, pobres e altamente erodíveis, uma vez que os Neossolos Quartzarênicos cobrem 22,6% e 30% da área total e dos remanescentes de Cerrado Denso, respectivamente (Faria e Castro, 2007).

Seleção dos Fragmentos amostrados

Os fragmentos amostrados (n = 17) foram selecionados através de mapeamentos de uma série histórica de mudanças de uso do solo e fragmentação da vegetação natural nas sub-bacias do rio Claro (GO) e do rio Garças (MT), ambas integrantes da Alta Bacia do rio Araguaia (Faria, 2011; Siqueira, 2012). Tal mapeamento foi elaborado com o uso imagens *Landsat TM 8* com o auxílio dos *softwares* Envi, Spring e ArcGis. A vegetação presente nestes fragmentos foi classificada como Cerrado Denso (*sensu* Ribeiro e Walter 2008), uma vez que levou-se em consideração os critérios fisionômicos (*e.g.*, altura, densidade arbórea e fechamento do dossel), edáficos (*e.g.*, tipo de solos) e levantamento florísticos com o registro de espécies típicas da fitofisionomia. A seleção dos fragmentos foi baseada nas variáveis: área e forma dos fragmentos, tipo de matriz circundante, pouca perturbação antrópica e tipo de solo. Neste contexto, para maior controle estatístico, os fragmentos foram padronizados quanto à sua dimensão, sendo maiores do que 50 ha, não lineares, presentes em matrizes de pastagem e situados em Neossolos Quartzarênicos.

Levantamento dos dados

O levantamento dos dados da vegetação nos fragmentos amostrados foi realizado através do método de parcelas (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974), no qual foram delimitadas parcelas de 20 x 50 m (Felfili *et al.*, 2005). Em cada fragmento foram realizadas três parcelas, as quais apresentaram obrigatoriamente a seguinte disposição: de 0 à 50m da matriz (borda), 50 à 100m da matriz (intermediária) e a última de 200 à 250 m da matriz (central). Ao todo foram realizadas 51 parcelas, sendo 17 em cada um dos três níveis de distância em relação a borda dos fragmentos.

A amostragem foi orientada em eixo disposto da borda para o centro do fragmento, onde o critério de inclusão foi $D_{30} \geq 5$ cm (diâmetro a 30 cm do solo maior ou igual a 5 cm), conforme recomendado por Felfili *et al.* (2005; 2011). Este procedimento se deu a fim de que a padronização dos critérios de inclusão permitisse a realização de análises ecológicas integradas ou comparativas. A identificação do

material botânico foi realizada em campo, no entanto, o material não identificado foi coletado para identificação através do uso de chaves analíticas, bibliografias especializadas, além de comparações no Herbário do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. As sinonímias taxonômicas foram verificadas nas bases de dados virtuais do Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>) e na Lista de Espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>). O sistema de classificação se deu através do *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2009).

Análise dos dados

A eficiência do esforço amostral em cada ambiente (*e.g.*, borda, intermediário e central) foi testada através do estimador não-paramétrico *Jackknife* de primeira ordem, através de 100 aleatorizações (Coddington *et al.*, 1991; Colwell e Coddington, 1994). Este estimador faz uma extrapolação da riqueza observada pela frequência de espécies raras (“*uniques*”) presentes nas amostras, possibilitando a produção de uma estimativa mais acurada da riqueza de uma comunidade (Krebs, 1999). Através desta técnica é possível obter um intervalo de confiança que permite a realização de comparações estatísticas entre duas ou mais localidades amostradas, portanto, possibilitando a comparação da riqueza estimada entre as porções de borda, intermediária e central. A indicação da presença e ausência das espécies em cada ambiente, conduzida pela análise de agrupamento, também auxiliou a elaboração do diagrama de *Venn*, que dispõe sobre a quantidade de espécies que compartilham o mesmo ambiente.

Para cada um dos ambientes, a área basal dos espécimes, a abundância, a riqueza de espécies observada e o índice de diversidade de *Shannon* foram calculados, através do *software* Mata Nativa (Cientec, 2010). Posteriormente, esses dados foram comparados entre os ambientes através de uma Análise de Variância (Anova) simples, com teste a posteriori de *Tukey*. Para testar se a composição de espécies variou entre os três ambientes (*e.g.*, borda, intermediário e interior) utilizou-se uma análise de ordenação, no qual realizou-se uma análise de correspondência destendenciada (DCA) para discriminar padrões de distribuição espacial das espécies (Hill e Gauch, 1980; Manly, 2008). Adicionalmente, foi possível analisar a preferência das espécies pelos três habitats estudados, uma vez que se realizou uma análise de espécies indicadoras (Dufrene & Legendre 1997). Este método combina a informação sobre a concentração da abundância de uma espécie em um certo grupo de unidades amostrais com a

fidelidade da ocorrência destas espécies em um mesmo grupo. Um valor indicador (*ValInd*) é gerado para cada espécie em cada grupo e a significância da diferença de um valor gerado pelo acaso é determinada pelo teste de permutação de Monte Carlo.

Resultados

No total, foram observadas 131 espécies pertencentes a 45 famílias (tabela 1). Nos ambientes de borda, observou-se 2.877 indivíduos distribuídos em 116 espécies lenhosas, enquanto o número estimado de espécies para esta área foi $142,41 \pm 9,22$ (figura 1). O número de espécimes mortos na borda dos fragmentos foi igual a 186 indivíduos. A área basal dos indivíduos e o índice de diversidade de *Shannon* na borda dos fragmentos foram, respectivamente, 30,74 m² e 4,01 nat.ind.-1. Somente 10 espécies de plantas (*Astronium faxinifolium*, *Bauhinia rufa*, *Cordia sessilis*, *Curatela americana*, *Byrsonima intermedia*, *Erythroxylum* sp.3, *Guettarda viburnoides*, *Miconia punctata*, *Solanum lycocarpum*, *Syagrus flexuosa* e *Terminalia argentea*) ocorreram exclusivamente na borda dos fragmentos (figura 2).

Tabela 1 – Distribuição e abundância das espécies entre os ambientes de borda, intermediário e área central dos 17 fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia, Brasil Central.

| Espécie | borda | Interm. | centro |
|---|-------|---------|--------|
| <i>Aegiphila sellowiana</i> Cham. | 4 | 5 | 5 |
| <i>Agonandra brasiliensis</i> Miers. | 4 | 7 | 9 |
| <i>Aiouea</i> sp. | 0 | 0 | 1 |
| <i>Alibertia edulis</i> (L. L. Rich.) A. C. Rich. | 0 | 0 | 2 |
| <i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul | 7 | 6 | 3 |
| <i>Andira cujabensis</i> Benth. | 41 | 32 | 39 |
| <i>Annona coriacea</i> Mart. | 33 | 32 | 29 |
| <i>Annona crassiflora</i> Mart. | 14 | 3 | 12 |
| <i>Annona dioica</i> A. St.-Hil. | 0 | 0 | 1 |
| <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. | 7 | 6 | 3 |
| <i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC. | 146 | 98 | 67 |
| <i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll. Arg. | 0 | 0 | 5 |
| <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. | 37 | 31 | 40 |
| <i>Astronium faxinifolium</i> Schott & Spreng. | 5 | 0 | 0 |
| <i>Attalea humilis</i> Mart. | 0 | 1 | 0 |
| <i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud. | 1 | 0 | 0 |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth | 17 | 11 | 9 |

| | | | |
|---|-----|-----|-----|
| <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trecul. | 24 | 30 | 20 |
| <i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler | 113 | 149 | 102 |
| <i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss. | 7 | 9 | 8 |
| <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth | 22 | 20 | 38 |
| <i>Byrsonima crassa</i> Nied. | 1 | 5 | 6 |
| <i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss. | 1 | 0 | 0 |
| <i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss. | 0 | 1 | 0 |
| <i>Byrsonima sericea</i> DC. | 1 | 0 | 0 |
| <i>Byrsonima</i> sp. | 0 | 2 | 1 |
| <i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC. | 6 | 6 | 10 |
| <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltld. | 12 | 3 | 1 |
| <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. | 33 | 28 | 28 |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw. | 6 | 7 | 6 |
| <i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul. | 6 | 2 | 3 |
| <i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby | 5 | 4 | 15 |
| <i>Coccoloba mollis</i> Casar. | 2 | 0 | 0 |
| <i>Connarus suberosus</i> Planch. | 20 | 11 | 24 |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | 26 | 26 | 31 |
| <i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze | 1 | 0 | 2 |
| <i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f. | 5 | 9 | 19 |
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg. | 0 | 1 | 0 |
| <i>Curatela americana</i> L. | 4 | 0 | 0 |
| <i>Cybianthus gardneri</i> (A.DC.) G.Agostini | 1 | 1 | 2 |
| <i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart. | 1 | 2 | 2 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. | 2 | 6 | 6 |
| <i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil. | 25 | 35 | 56 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. | 18 | 11 | 16 |
| <i>Diospyros hispida</i> DC. | 45 | 44 | 68 |
| <i>Dipteryx alata</i> Vogel | 0 | 0 | 1 |
| <i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. | 33 | 35 | 33 |
| <i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers | 114 | 142 | 144 |
| <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr. | 1 | 2 | 0 |
| <i>Eremanthus</i> sp. | 2 | 1 | 0 |
| <i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum) A. Rob. | 49 | 29 | 30 |
| <i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil. | 3 | 5 | 5 |
| <i>Erythroxylum</i> sp. | 2 | 1 | 3 |
| <i>Erythroxylum</i> sp.2 | 1 | 6 | 4 |
| <i>Erythroxylum</i> sp.3 | 2 | 0 | 1 |
| <i>Erythroxylum</i> sp.4 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Eschweilera nana</i> (O.Berg) Miers | 39 | 50 | 42 |
| <i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl. | 8 | 4 | 8 |
| <i>Ficus</i> sp. | 1 | 3 | 1 |
| <i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell | 65 | 131 | 134 |

| | | | |
|--|-----|-----|-----|
| <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell. | 28 | 34 | 59 |
| <i>Guettarda viburnoides</i> Cham. Et Schltr. | 1 | 0 | 0 |
| <i>Hancornia speciosa</i> Gomes | 2 | 2 | 2 |
| <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose | 2 | 1 | 2 |
| <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos | 8 | 9 | 13 |
| <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss. | 11 | 14 | 27 |
| <i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson | 1 | 2 | 1 |
| <i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc. | 2 | 2 | 0 |
| <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne | 25 | 28 | 36 |
| <i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley | 8 | 14 | 11 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> (Spring.) Mart. | 15 | 33 | 34 |
| <i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess. | 12 | 8 | 15 |
| <i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil. | 36 | 21 | 39 |
| <i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel | 9 | 5 | 9 |
| <i>Licania humilis</i> Cham. & Schltl. | 17 | 28 | 31 |
| <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel | 25 | 27 | 28 |
| <i>Machaerium opacum</i> Vogel | 1 | 2 | 1 |
| <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | 9 | 2 | 0 |
| <i>Matayba guianensis</i> Aubl. | 9 | 1 | 1 |
| <i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez | 82 | 111 | 103 |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana | 0 | 1 | 1 |
| <i>Miconia burchellii</i> Triana | 2 | 3 | 2 |
| <i>Miconia ferruginata</i> DC. | 51 | 54 | 45 |
| <i>Miconia punctata</i> (Desr.) DC. | 1 | 0 | 0 |
| Mortas | 186 | 227 | 202 |
| <i>Mouriri pusa</i> Gardner | 25 | 46 | 57 |
| <i>Myrcia rostrata</i> DC. | 41 | 44 | 35 |
| <i>Myrcia</i> sp. | 54 | 47 | 67 |
| <i>Myrcia</i> sp.2 | 18 | 9 | 19 |
| <i>Myrcia</i> sp.3 | 1 | 5 | 0 |
| <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. | 20 | 8 | 8 |
| <i>Myrcia variabilis</i> DC. | 38 | 57 | 79 |
| <i>Ouratea hexasperma</i> (St. Hil.) Baill | 14 | 30 | 40 |
| <i>Ouratea spectabelis</i> Engl. | 7 | 10 | 15 |
| <i>Palicourea rigida</i> HBK. | 2 | 3 | 6 |
| <i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth. | 32 | 16 | 22 |
| <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker | 3 | 1 | 1 |
| <i>Plathyenia reticulata</i> Benth. | 26 | 29 | 52 |
| <i>Plenckia populnea</i> Reissek | 25 | 4 | 11 |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | 39 | 27 | 22 |
| <i>Pouteria</i> sp. | 5 | 4 | 5 |
| <i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. et Zucc.) A. Rob. | 1 | 2 | 0 |
| <i>Psidium myrtoides</i> O.Berg | 12 | 2 | 10 |
| <i>Psidium</i> sp. | 0 | 1 | 0 |

| | | | |
|--|-------|-------|-------|
| <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel | 79 | 54 | 58 |
| <i>Qualea grandiflora</i> Mart. | 86 | 100 | 108 |
| <i>Qualea multiflora</i> Mart. | 94 | 83 | 47 |
| <i>Qualea parviflora</i> Mart. | 135 | 145 | 137 |
| <i>Roupala montana</i> Aubl. | 74 | 72 | 65 |
| <i>Rourea induta</i> Planch. | 1 | 3 | 9 |
| <i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G. Don | 2 | 3 | 5 |
| <i>Salvertia convallariodora</i> A. St.-Hil. | 16 | 16 | 11 |
| <i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltld.) Frodin | 8 | 4 | 8 |
| <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al. | 0 | 3 | 1 |
| <i>Simarouba versicolor</i> A. St. Hil. | 3 | 1 | 1 |
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl. | 0 | 1 | 0 |
| <i>Solanum lycocarpum</i> A. St. Hil. | 1 | 0 | 0 |
| <i>Sthryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville | 1 | 1 | 5 |
| <i>Strychnos pseudoquina</i> A. St.-Hil. | 4 | 7 | 9 |
| <i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart. | 19 | 19 | 13 |
| <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart. | 4 | 9 | 9 |
| <i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc. | 1 | 0 | 0 |
| <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore | 10 | 7 | 8 |
| <i>Tachigali aurea</i> Tul. | 15 | 13 | 18 |
| <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima | 103 | 105 | 76 |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | 1 | 0 | 0 |
| <i>Terminalia argentea</i> Mart. & Succ. | 2 | 0 | 0 |
| <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K. Schum. | 4 | 6 | 3 |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke | 68 | 42 | 45 |
| <i>Virola sebifera</i> Aubl. | 0 | 0 | 2 |
| <i>Vochysia rufa</i> Mart. | 66 | 78 | 59 |
| <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. | 144 | 77 | 85 |
| Total | 2.877 | 3.038 | 2.995 |

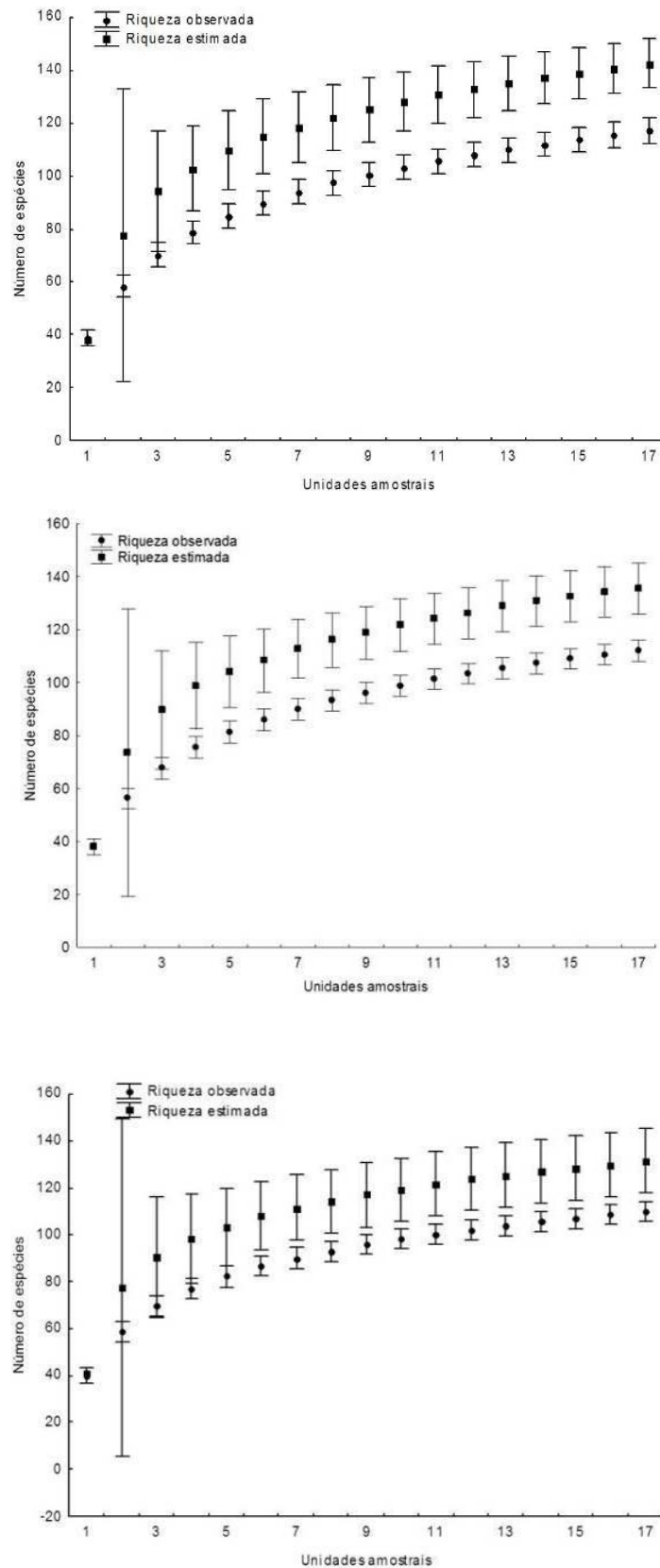


Figura 1. Resultados do estimador de riqueza de 1ª ordem Jackknife para os ambientes de borda (A), intermediário (B) e área central (C) dos 17 fragmentos de Cerrado Denso da Alta Bacia do Rio Araguaia, com a sobreposição dos intervalos de confiança (D).

Na porção intermediária dos fragmentos, foram registrados 3.038 indivíduos distribuídos em 110 espécies de plantas, enquanto o número estimado de espécies para esta área foi igual à $135,53 \pm 9,68$ (figura 1). O número de espécimes mortos na borda dos fragmentos foi igual a 227 indivíduos. A área basal dos indivíduos e o índice de diversidade de *Shannon* foram $31,73 \text{ m}^2$ e $3,93 \text{ nats.ind-1}$, respectivamente. Das 110 espécies observadas na porção intermediária dos fragmentos, somente *Attalea humilis*, *Byrsonima pachyphylla*, *Coussarea hydrangeifolia*, *Miconia albicans*, *Psidium* sp. e *Siparuna guianensis* ocorreram exclusivamente nesta porção (figura 2).

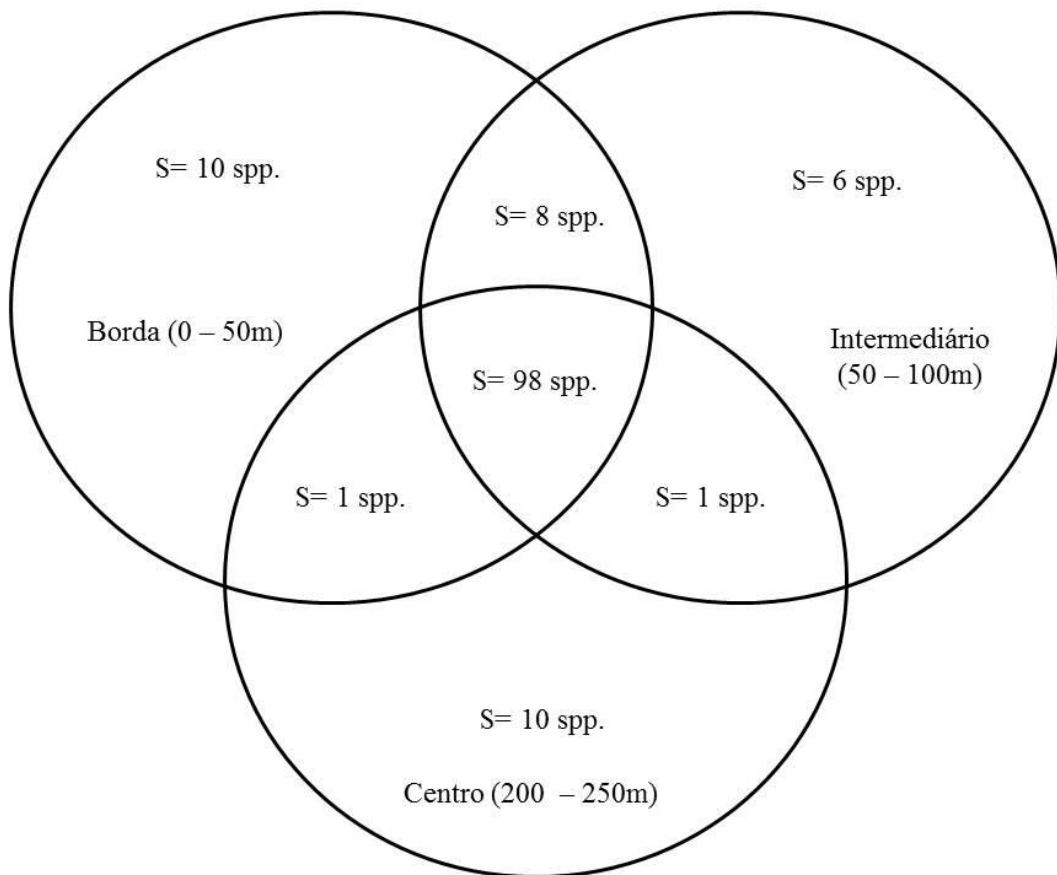
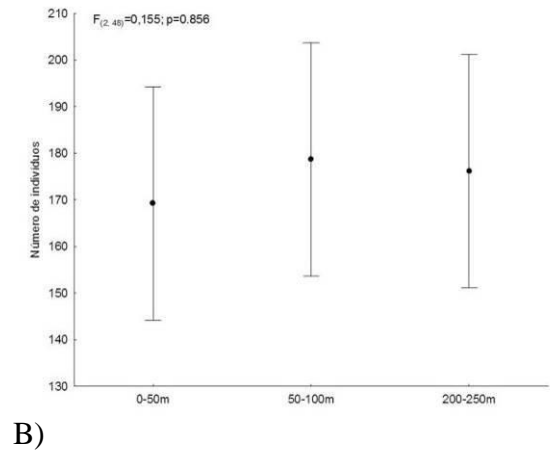
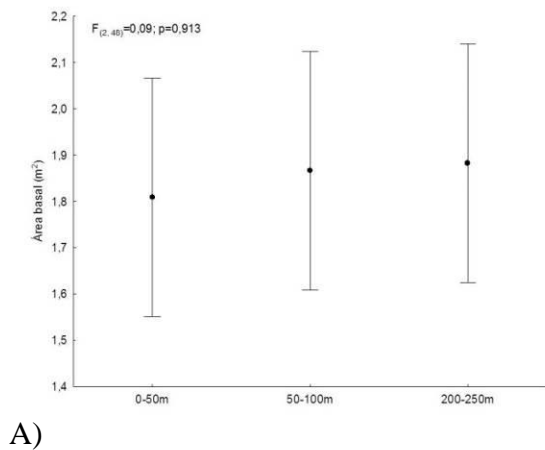


Figura 2. Diagrama de Venn mostrando informações sobre a quantidade de espécies em cada ambiente estudado nos 17 fragmentos de Cerrado Denso da Alta Bacia do Rio Araguaia, dispoendo também quantas espécies são específicas dos três ambientes ou compartilham apenas dois dos ambientes.

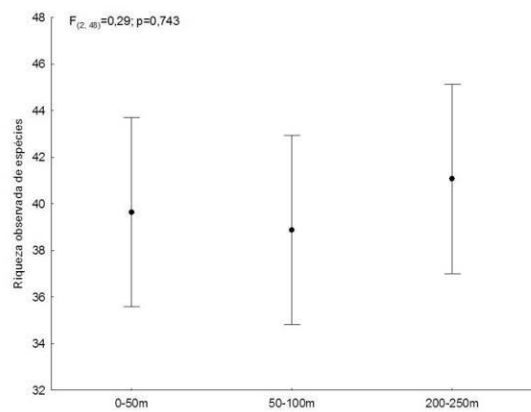
Na área central dos fragmentos foram registrados 2.995 indivíduos pertencentes a 107 espécies de plantas lenhosas. A riqueza de espécies estimada para esta área foi igual à $131,65 \pm 13,63$ (figura 1). O número de espécimes mortos na borda dos fragmentos foi igual a 202 indivíduos. A área basal dos indivíduos e o índice de diversidade de *Shannon* foram $31,99 \text{ m}^2$ e $4,05 \text{ nats.ind-1}$, respectivamente. Apenas 10 espécies de plantas (*Aiouea* sp., *Alibertia edulis*, *Annona dioica*, *Aspidosperma spruceanum*, *Byrsonima sericea*, *Coccoloba mollis*, *Dipteryx alata*, *Erythroxylum* sp.4, *Tapirira guianensis*, *Virola sebifera*) ocorreram exclusivamente na porção central dos fragmentos (figura 2).

De modo geral, a área basal ($F_{(2,48)} = 0,09$; $p = 0,913$), o número de espécimes mortos ($F_{(2,48)} = 0,36$; $p = 0,697$), abundância dos indivíduos ($F_{(2,48)} = 0,155$; $p = 0,856$) e índice de diversidade de *Shannon* ($F_{(2,48)} = 0,685$; $p = 0,508$) não diferiram entre as parcelas realizadas nos ambientes de borda, intermediário e central dos fragmentos (figura 3). Ainda, observou-se que os intervalos de confiança de riqueza estimada para os ambientes borda, intermediário e central dos fragmentos ficaram sobrepostos, portanto, indicando que não há diferenças na riqueza estimada em tais ambientes (figura 4). Os eixos 1 e 2 da DCA tiveram, respectivamente, os seguintes autovalores 0,305 e 0,193. No entanto, observa-se que a composição de espécies ao longo dos ambientes amostrados não variou significativamente, pois não houve a formação de grupos referentes aos ambientes amostrados (figura 5). Entretanto, três espécies se destacam como indicadoras de ambiente pelo teste Monte Carlo. As espécies *Davilla elliptica* ($p = 0,02$), *Handronthus ochraceus* ($p = 0,04$) e *Aspidosperma spruceanum* ($p = 0,02$) apresentaram-se como espécies indicadoras de ambientes do centro dos fragmentos de Cerrado Denso maiores que 50 ha, não lineares, com matriz de pastagem e em Neossolos Quartzarênicos.

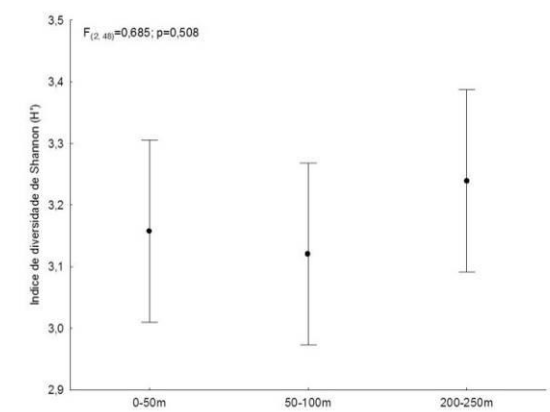


A)

B)



C)



D)

Figura 3. Resultados das análises de variância simples testando se houve diferenças entre os ambientes borda, intermediário e área central dos 17 fragmentos de Cerrado Denso em relação à área basal da comunidade vegetal lenhosa (A), em relação à densidade de indivíduos (B), à riqueza de espécies observada (C) e ao índice de diversidade de Shannon (D).

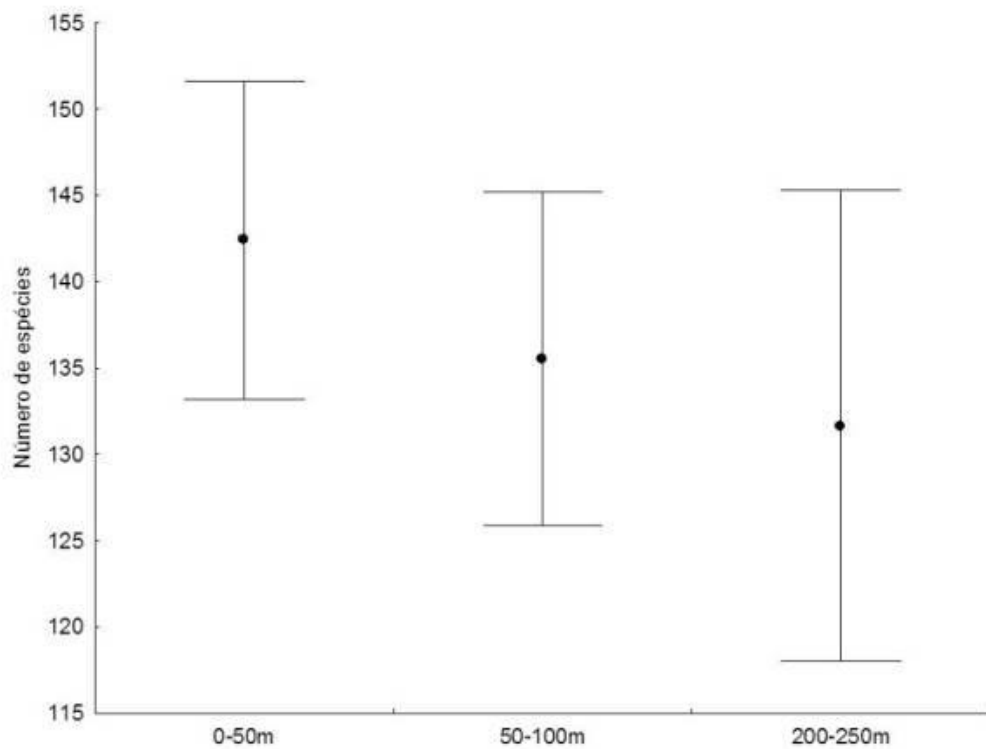


Figura 4. Riqueza estimada e intervalo de confiança para os ambientes de borda (A), intermediário (B) e área central (C) dos 17 fragmentos de Cerrado Denso da Alta Bacia do Rio Araguaia.

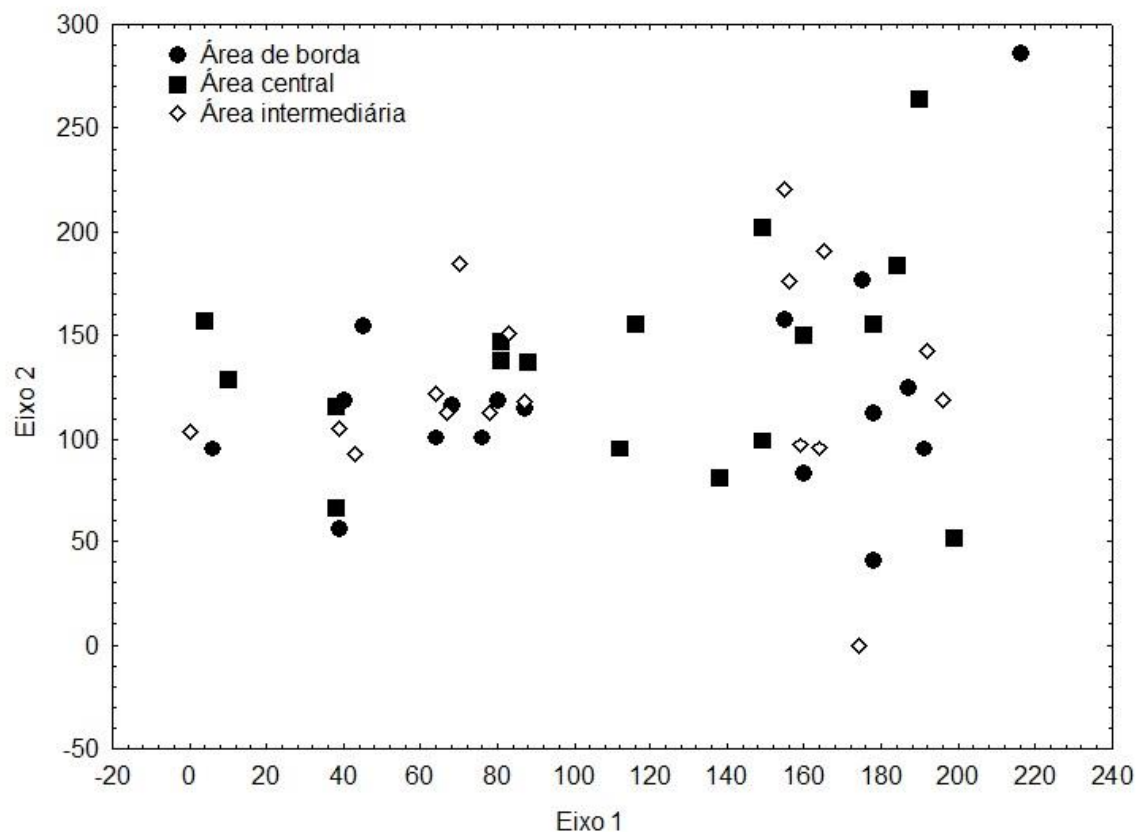


Figura 5. Resultado da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA), onde a variável categórica 1 é o ambiente de borda, 2 é o ambiente intermediário e 3 é o ambiente central dos fragmentos de Cerrado Denso da Alta Bacia do Rio Araguaia.

Discussão

As áreas de transição entre associações ecológicas distintas intrigam os ecólogos desde o início do século passado, uma vez que, desde então, há relatos de diferenças biológicas nesses ambientes (Harris, 1988). Murcia (1995) apresenta uma extensa revisão sobre efeito de borda e discute as suas implicações, destacando que em decorrência de tal efeito podem ocorrer alterações nas variáveis microclimáticas, riqueza e composição de espécies, além do funcionamento dos ecossistemas. Tal autora, destaca ainda que a intensidade do efeito de borda é frequentemente medida como a distância que estas alterações penetram no habitat. Na região tropical, a maioria dos estudos empíricos sobre o efeito de borda foram realizados em áreas de formação florestal (Laurance *et al.*, 2002, 2007; 2011; Carvalho *et al.*, 2007; Machado *et al.*, 2008; Rigueira *et al.*, 2012). Portanto, um considerável arcabouço teórico foi construído ao longo dos anos, o qual permite concluir que para áreas florestais o efeito de borda

representa um fator determinante de mudanças ecológicas (Laurance *et al.* 2011), causando alterações em diferentes níveis, conforme proposto por Murcia (1995).

No Brasil, poucos estudos consideraram as formações savânicas e investigaram as consequências do efeito de borda sobre a vegetação lenhosa (*e.g.*, Lima-Ribeiro, 2008; Dodonov *et al.*, 2013; Mendonça *et al.*, 2015). Lima-Ribeiro (2008) observou que o efeito de borda afetou negativamente algumas variáveis microclimáticas e também os parâmetros populacionais (p.ex.: circunferência do caule e altura dos espécimes) de uma espécie de planta (*Vernonia aurea*) em fragmentos de Cerradão, no sudoeste do estado de Goiás, Brasil. Por outro lado, Mendonça *et al.* (2015) estudaram fragmentos de Cerrado sentido restrito e não encontraram qualquer relação entre os parâmetros ecológicos (p.ex.: densidade, área basal dos espécimes e riqueza de espécies) da comunidade vegetal e o efeito de borda, medido através da distância em relação a borda dos fragmentos. No entanto, tais autores relatam que o efeito de borda em tais fragmentos favorece a invasão de algumas gramíneas exóticas.

Desta forma, evidencia-se uma lacuna de conhecimento referente as consequências do efeito de borda em áreas de formação savânica do Cerrado brasileiro. Ainda, cabe ressaltar que os dados obtidos a partir de estudos prévios são incongruentes, portanto não permitindo realizar generalizações para este tipo de ambiente. Assim, fica evidente a necessidade de estudos adicionais que investiguem as consequências do efeito de borda sobre as comunidades vegetais em formações savânicas. Nesta perspectiva, o presente estudo considerou um gradiente borda-interior em fragmentos de Cerrado Denso e observou que o efeito de borda não afetou negativamente os parâmetros ecológicos analisados, tais como: área basal dos espécimes, número de espécies mortas, abundância, riqueza e composição de espécies. Desta forma, os resultados deste estudo não corroboram as predições teóricas acerca do efeito de (*e.g.*, Murcia, 1995), tampouco os resultados obtidos por estudos empíricos realizados em ambientes de formações florestais (Laurance *et al.*, 2002, 2007). Por outro lado, em partes, tais resultados seguem aqueles descritos por Mendonça *et al.* (2015), reforçando que em ambientes de formações savânicas a intensidade do efeito de borda é diferente dos observados para as áreas de florestas.

Ribeiro e Walter (2008) sugerem que a vegetação distribuída em formações savânicas presente no Cerrado é composta por espécies que detêm características ecológicas que refletem possíveis adaptação às condições ecológicas adversas. Aliado a isto, observa-se no Cerrado um conjunto de fitofisionomias, as quais podem estar

dispostas em dossel, formando um mosaico (Ribeiro e Walter, 2008). Portanto, um fragmento de Cerrado sentido restrito pode estar adjacente a fitofisionomias naturalmente abertas (*e.g.*, campo limpo e campo sujo), tais como aquelas que compõem as formações campestres (Ribeiro e Walter, 2008). Isto sugere que, ao longo dos anos, tais fatores tenham influenciado a história evolutiva das espécies de plantas do Cerrado, a ponto de torná-las menos sensíveis as condições ambientais que hoje são comumente observadas nas bordas de fragmentos típicos de formações savânicas. Para reforçar este aspecto, cabe ressaltar que neste estudo a distribuição de espécimes mortos não variou em função da distância em relação a borda dos fragmentos. Este padrão não segue aquele esperado para áreas de formação florestais, uma vez que podem haver elevada incidência de espécimes mortos nas bordas dos fragmentos (Laurance *et al.*, 2007). Este efeito é ainda mais intenso se tais fragmentos florestais estiverem inseridos em uma matriz com reduzida cobertura vegetal (*p.ex.*: pastagem), pois as condições ambientais encontradas nas bordas não suprem as exigências ecológicas de algumas espécies, as quais acabam morrendo (Laurance *et al.*, 2007).

Outro aspecto que pode auxiliar na explicação da hipótese nula da presente investigação é que formações savânicas distinguem-se de formações florestais em relação ao fechamento do dossel, distância entre árvores, estatura das árvores, presença de estrato herbáceo (Ribeiro e Walter, 2008). Isto, conseqüentemente, implicará em padrões diferenciados de sucessão ecológica, uma vez que, diferentemente das formações florestais, as formações savânicas não apresentam a sucessão florestal seguindo o padrão de recrutamento de espécies pioneiras, secundárias e clímax. Portanto, reduzindo as possibilidades de alterações nos padrões de composição e abundância de espécies em bordas como proposto por Murcia (2005). Outra questão é em relação ao dossel não totalmente fechado em Cerrado Denso, distinguindo pouco os padrões microclimáticos dentro do fragmento devido à maior penetração de luminosidade e ventos, conseqüentemente não afetando a composição de espécies mais ou menos tolerantes a estes padrões.

Em síntese, conclui-se que as considerações teóricas acerca do efeito de borda não são corroboradas através deste estudo. No entanto, para as formações savânicas, além dos efeitos abióticos e biológicos direto, sugere-se que futuros estudos investiguem os possíveis efeitos biológicos indiretos, que possivelmente são observados ao longo de um gradiente borda-interior. Ainda, conforme discutido acima, é evidente que as conseqüências do efeito de borda em relação as comunidades vegetais em áreas

de formação savânica se dá de forma diferente daquelas encontradas em formações florestais. Sabendo que o Cerrado é um mosaico de vegetação composto por formações florestais, savânicas e campestres, tais resultados são particularmente importantes dentro de uma perspectiva de conservação da biodiversidade, pois conforme sugerido por Mendonça *et al.* (2015) as políticas públicas visando o manejo e a conservação devem ser específicas a cada tipo de ambiente.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de Doutorado concedida e pelo Projeto Universal n°. 479010-9 que financiou esta pesquisa. Aos Professores Drs. José Afonso Brod e Dra. Tereza Cristina Junqueira Brod pelo apoio logístico, à Prof. Dra. Gisele Menino pelo material identificado. À todos os colegas envolvidos com a coleta de dados: Prof^ª Dra Karla M. S. Faria, Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes, aos Geógrafos Hellbia S. de Moreira, Lucas Espíndola e ao colaborador de campo Sebastião de Souza Silva.

Referências Bibliográficas

- A.P.G. [= Angiosperm Phylogeny Group] III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linnean Soc.* 161: 105-121
- Brannstrom, C; Jepson, W.; Filippi, A.M.; Redo, D.; Xu, Z.; Ganesh, S. 2008. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986–2002: Comparative analysis and implications for land-use policy. *Land Use Policy*: 25, p. 579–595
- Brooks TM, Mittermeier RA, da Fonseca GAB, Gerlach J, Hoffmann M, Lamoreaux JF, *et al.* 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58–61.
- Carvalho, W. A. C. ; Oliveira-Filho, A. T. ; Fontes, M. A. L. ; Curi, N. 2007. Variação espacial da estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua em Piedade do Rio Grande, MG.. *Revista Brasileira de Botânica (Impresso)*, São Paulo, v. 30, n.no prelo, p. 321-341
- Cerqueira, R.; Brant, A., Nascimento, M.T.; Pardini, R. 2005. Fragmentação: alguns conceitos. *In: Rambaldini, D. M. & Oliveira, D. A. S.* 2005. Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília. 2ª ed. MMA/SBF

- Cientec. 2010. Mata Nativa 3. Sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas. Viçosa - MG: Cientec - Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda.
- Coddington J.A.; Griswold C.E.; Silva D., Penãranda D.; Larcher, S. 1991. Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical ecosystems. In: EC Dudley (ed) Proceedings of the fourth international congress of systematic and evolutionary biology. The unity of evolutionary biology. Dioscorides Press, Portland
- Colwell, R.K.; Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 345:101-118
- Corlett, R.T. 2000. Environmental heterogeneity and species survival in degraded tropical landscapes. In: Hutchings, M.J.; John, E.A. & Stewart, A.J.A. (eds.). 2000. The ecological consequences of environmental heterogeneity. British Ecological Society, Londres: pp. 333-355
- Diniz Filho, J.A.F. *et al.* 2006. Anuran species richness, complementarity and conservation conflicts in brazilian Cerrado. *Acta Oecologica (Montrouge), Paris*, v. 27, p. 9-15
- Dodonov, P.; Harper, K.A.; Silva-Matos, D.M. 2013. The role of edge contrast and forest structure in edge influence: vegetation and microclimate at edges in the Brazilian cerrado. *Plant Ecology*, 214(11): 1345-1359
- Dufrêne, M.; Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, v.67, n.3, p.345-366
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*: 34, p. 487-515
- Faria, K.M.S. 2011. Paisagens fragmentadas e viabilidade de recuperação para a Sub-bacia do Rio Claro (GO). Tese (Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-ambientais
- Faria, K.M.S.; Castro, S.S. 2007. Uso da terra e sua relação com os remanescentes de cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS). *Geografia (Rio Claro)* 32, 657-668
- Faria, K.M.S ; Castro, S.S. 2013. Mudanças de uso do solo na Alta Bacia do Rio Araguaia e as relações com as políticas públicas de 1975 a 2010. In: Silva, S.D.; Pietrafesa, J.P.; Franco, J.L.A.; Drummond, J.A.; Tavares, G.G. (Org.). 2013.

- Fronteira Cerrado: sociedade e natureza no oeste do Brasil. 1ed.Goiânia: Editora da PUC Goiás, v. 1, p. 315-330
- Felfili, J.M.; Carvalho, F.A.; Haidar, R.F. 2005. Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal. Ed. UnB, Brasília, 55p
- Felfili, J.M.; Roitman, I.; Medeiros, M.M.; Sanchez, M.. 2011. Procedimentos e métodos de amostragem de vegetação. *In*: Felfili, J.M.; Eisenlohr, P.V.; Melo, M.M.R.F.; Andrade, L.A.; Meira Neto, J.A.A. 2011. Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos: vol. I, Viçosa, MG: Ed. UFV, 556 p
- Harris, L.D. 1988. Edge Effects and Conservation of Biotic Diversity. *Conservation Biology*, Vol. 2, No. 4. (Dec), p. 330-332
- Hill, M.O.; H.G. Gauch 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58
- Klink, C.A.; Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *IN*: Conservação Internacional. Megadiversidade - Desafios e oportunidades para conservação da biodiversidade no Brasil. Edição Especial. Volume 1/nº 1/Julho
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park
- Lande, R. 1998. Anthropogenic, ecological and genetic factors in extinction and conservation. *Researches on Population Ecology*. 40: 259–269
- Lapola, D.M.; Martinelli, L.A. ; Peres, C.A. ; Ometto, J.P.H.B.; Ferreira, M.E.; Nobre, C. A. ; Aguiar, A. P. D.; Bustamante, M.M.C.; Cardoso, M.F. ; Costa, M.H. ; Joly, C.A.; Leite, C.C.; Moutinho, P. ; Sampaio, G.; Strassburg, B.B.N. ; Vieira, I.C.G. 2014. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nature Climate Change*, v. 4, p. 27-35
- Latrubesse, E.M.; Amsler, M.L.; Morais, R.P.; Aquino, S. 2009. The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. *Geomorphology* 113: 239-252.
- Laurance W.F.; Lovejoy T.E.; Vasconcelos H.L.; Bruna E.; Didham, R.K. *et al.* 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conserv Biol* 16: 605–618
- Laurance, W.F.; Bierregaard Jr., R.O. 1997. *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. The University of Chicago Press, Chicago

- Laurance, W.F.; Nascimento, H.E.M.; Laurance, S.G.; Andrade, A.; Ewers, R.M.; Harms, K.E.; Luizão, R.C.C.; Ribeiro, J.E. 2007. Habitat Fragmentation, Variable Edge Effects, and the Landscape-Divergence Hypothesis. PLoS ONE. October: Issue 10, e1017
- Laurance, W.F.; Camargo, J.L.C.; Luizão, R.C.C.; Laurance, S.G.; Pimm, S.L.; Bruna, E.M.; Stouffer, P.C.; Williamson, G.B. Benítez-Malvido, J.; Vasconcelos, H.L.; Van Houtan, K.S.; Zartman, C.E.; Boyle, S.A.; Didham, R.K.; Andrade, A.; Lovejoy, T.E. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*, 144: 56-67
- Lima-Ribeiro, M.S. 2008. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de Cerradão no Sudoeste Goiano, Brasil. *Acta bot. bras.* 22 (2): 535-545
- Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 21 Mai de 2014
- Machado, E.L.M.; Oliveira-Filho, A.T.; Berg, E.V.D.; Carvalho, W.A.C.; Souza, J.S.; Marques, J.J.G.S.M.; Calegário, N. 2008. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. *Revista Brasil. Bot.*, v.31, n.2, p.287-302, abr.-jun
- Machado, R. B. *et al.* 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF
- Manly, B.J.F. 2008. Métodos estatísticos multivariados: uma introdução. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 229 p
- Mendonça, A.H.; Russo, C.; Melo, A.C.G.; Durigan, G. 2015. Edge effects in savana fragments: a case study in the cerrado. *Plant Ecology & Diversity*, 8(4): 493-503
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H, 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York. Willey & Sons. 557 p
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree*: V 10, nº 2. February
- Haddad, N.M.; Brudvig, L.A.; Clobert, J.; Davies, K.F.; Gonzalez, A.; Holt, R.D.; Lovejoy, T.E.; Sexton, J.O.; Austin, M.P.; Collins, C.D.; Cook, W.M.; Damschen, E.I.; Ewers, R.M.; Foster, B.L.; Jenkins, C.N.; King, A.J.; Laurance, W.F.; Levey, D.J.; Margules, C.R.; Melbourne, B.A.; Nicholls, A.O.; Orrock, J.L.; Song, D.X.; Townshend, J.R. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems: *Science Advances*, v. 1, e1500052

- Pires, A.S.; Fernandez, F.A.S.; Barros, C.S. 2006. Vivendo em um mundo em pedaços: Efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais, *In*: Rocha, C.F.D.; Bergalho, H.G.; Sluys, M.V. & Alves, M.A.S. 2006. *Biologia da Conservação: Essências*. São Carlos, SP: Rima
- Quesnelle, P.E.; Faring, L.; Lindsay, K.E. 2013. Effects of habitat loss, habitat configuration and matrix composition on declining wetland species. *Biological Conservation*, 160: 200-208
- Rangel, T., *et al.* 2006. Human development and biodiversity conservation in Brazilian Cerrado. *Applied Geography*, v. 27, p. 14-27
- Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In* Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina. p.151 -212.
- Rigueira, D.M.G.; Molinari, A.L.M.; Mariano, D.L.S.; Reis, R.M.; Portugal, A.B.; Santana, N.S. ; Santos, R.A. 2012. Influência da distância da borda e do adensamento foliar sobre a abundância de plantas pioneiras em um fragmento de floresta tropical submontana na Estação Ecológica de Wenceslau Guimarães (Bahia, Brasil). *Acta Botanica Brasílica* (Impresso), v. 26, p. 197-202
- Scariot, A.; Freitas, S.R.; Neto, E.M.; Nascimento, M.T.; Oliveira, L.C.; Saniotti, T.; Sevilha, A.C. & Villela, D.M. 2005. Vegetação e flora. *In*: Rambaldi, D. M.; Oliveira, D. A. S. (Orgs.). 2005. *Fragmentação de Ecossistemas. Causas, Efeitos sobre a diversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília. 2º ed. MMA/SBF. p:103-123.
- Siqueira, M. N. 2012. Avaliação geocológica do processo de fragmentação dos remanescentes de cerrado na sub-bacia do rio das Garças (MT) [manuscrito]. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais
- Soares-Filho, B.; Rajão, R.; Macedo, M.; Carneiro, A.; Costa, W.; Coe, M.; Rodrigues, H.; Alencar, A. 2014. Cracking Brazil's Forest Code. *Science*: Vol 344, 25 April
- Tabarelli, M.; Silva, J.M.C.; Gascon, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13: p.1419-1425
- Terborgh, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forests. *Biotropica* 24: p. 283-292

Turner, I.M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: p.200-209

W3 TROPICOS . MOBOT. *Missouri botanical garden*. Disponível em: < <http://www.mobot.org> >. Acesso em: dezembro de 2013 e fevereiro de 2014.

Wilcove, D.S; Mcllellan, C.H. & Dobson, A.P. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. In *Conservation Biology*, ed. ME Soul'e, pp. 237–56. Sunderland, MA: Sinauer

ARTIGO 3

RELAÇÃO ENTRE FATORES ABIÓTICOS E A ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE PLANTAS LENHOSAS EM FRAGMENTOS DE CERRADO DENSO NO BRASIL CENTRAL

Mariana N. Siqueira; Selma S. de Castro; Thiago B. Vieira

RELAÇÃO ENTRE FATORES ABIÓTICOS E A ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE PLANTAS LENHOSAS EM FRAGMENTOS DE CERRADO DENSO NO BRASIL CENTRAL

Mariana N. Siqueira; Selma S. de Castro; Thiago B. Vieira

RESUMO: O Cerrado contém distintas fitofisionomias de vegetação que se subdividem em formações florestais, savânicas e campestres, as quais são determinadas por diversos fatores, dentre eles os solos. As principais classes de solos nas formações savânicas são os Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho e os Neossolos Quartzarênicos. Estes ocorrem em 15% do Cerrado, são arenosos, associados a substratos areníticos e materiais aparentados, instáveis e pouco férteis. Por isso são considerados muito frágeis e destinados comumente a pastagens, aonde remanescentes de vegetação original vêm sofrendo com pressões antrópicas, sobretudo no Centro-Sul do Bioma, como na Alta Bacia Do Rio Araguaia. Não se conhece com detalhe o resultado desse processo em termos do comportamento do solo e sua relação com a vegetação no interior, borda e matriz (pastos e culturas anuais) desses fragmentos. A presente pesquisa investiga a relação entre solo e parcelas representativas de fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia, visando entender o comportamento de componentes microclimáticos e físico-químicos do solo ao longo de um gradiente pasto-borda-interior e também da estrutura da comunidade de plantas lenhosas, comumente a mais afetada pela conversão agropecuária. Foram selecionados 17 fragmentos distribuídos em duas sub-bacias, envoltos em matriz de pastagem e com área superior à 50 ha, onde a vegetação lenhosa foi amostrada em 3 parcelas de 20 x 50m através de um gradiente borda-interior e amostras de solo foram coletadas na matriz, na borda, na parcela intermediária e no centro do fragmento, para análise físico-química dos solos. Foram registradas as temperaturas do solo e do ambiente, a umidade relativa do ar, a altitude e a luminosidade ao longo dos gradientes. Os resultados não mostraram variação significativa dos atributos abióticos ao longo do gradiente pasto-borda-interior, no entanto, as temperaturas do ar e do solo e as relações Ca/K e Ca/CTC variaram entre as sub-bacias analisadas. Das 131 espécies distribuídas em 8.749 indivíduos lenhosos observados, constatou-se que 25 espécies estão relacionadas com a altitude, umidade, silte, matéria orgânica, pH e Ca, corroborando comportamento similar relatado na

literatura. Esses resultados podem contribuir para propor ações conservacionistas e a restauração ecológica em fragmentos remanescentes de Cerrado.

Palavras-chave: Vegetação, Solo, Gradiente Borda-Interior, Pastagem, Cerrado.

ABSTRACT: The Cerrado contains different vegetation types such as forest formations, savannas, and grasslands, which are determined by several environmental factors (e.g., soils). The main soil types in the savanna are the Red-Yellow and Red Oxisols, and Quartzipsamments, which cover 15% of the Cerrado. These soils are unstable, infertile sandy, and associated with sandstone substrates and related materials. As a result, they are fragile and often used for pastures. Forest remnants surrounded with pastures have altered by human activities, especially in south-central region of the Cerrado, such as the Upper Rio Araguaia Basin. Little is known about the effects of forest fragmentation on the soil and the vegetation along the matrix-fragment gradient. Here, we analyzed how microclimate and physical-chemical components of the soil affect the community structure of woody plants along the matrix-fragment gradient of Dense Cerrado fragments in the Upper Rio Araguaia Basin. We sampled woody plants in 17 50-ha fragments surrounded by pasture matrix from two sub-basins. Plants were sampled in three of 20 x 50 m plots along an edge-interior gradient. We also collected soil samples in the matrix, edge, middle portion, and interior of the fragment. We recorded soil and air temperatures, relative humidity, altitude, and luminosity. We found 8,749 woody plants from 131 species. Abiotic variables did not vary along the matrix-fragment gradient. However, air and soil temperatures, Ca/K, and Ca/CTC varied between sub-basins. Twenty-five species were related to altitude, humidity, silt, organic matter, pH, and Ca, similarly to previous studies. Our results can support future actions of conservation and ecological restoration in the remaining fragments of Cerrado.

Keywords: vegetation, soil, edge-interior gradient, Pasture, Cerrado.

INTRODUÇÃO

As formações savânicas, como o Cerrado brasileiro, englobam significados fisionômicos, florísticos ou ecológicos próprios (Ribeiro e Walter, 2008). Quanto ao fisionômico, as savanas referem-se às áreas com árvores e arbustos dispersos sobre uma camada gramínea, sem a formação de um dossel contínuo (Ribeiro e Walter, 2008). Os principais fatores que determinam a existência das savanas são o clima, os solos, o relevo, o comportamento hídrico, o fogo, a biomassa, a produtividade e ciclagem de nutrientes e de matéria orgânica e as atividades antrópicas (Walter *et al.*, 2008). Assim, as espécies respondem a um conjunto de fatores físicos e bióticos, bem como às suas interações, culminando em localidades que apresentem características próprias, mas também em sítios que compartilham determinados atributos (Felfili *et al.*, 2008).

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil (Ratter *et al.*, 1997; Klink e Machado, 2005; Ribeiro e Walter, 2008), englobando parte dos estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins, além do Distrito Federal (Sano *et al.*, 2008). Sua vegetação é composta por um mosaico de fitofisionomias que se distribuem em formações florestais, formações savânicas e formações campestres (Askel *et al.*, 1970; Ratter *et al.*, 1997; Ribeiro e Walter, 2008). Diante da diversidade de ambientes, a flora do Cerrado se destaca entre as mais ricas savanas do mundo, apresentando mais de 10 mil espécies de plantas vasculares (Felfili *et al.*, 2008).

O solo é um dos principais fatores que determinam a vegetação do Cerrado brasileiro (Moreno *et al.*, 2008; Dantas e Batalha, 2011). Por outro lado, o solo também é capaz de influenciar a distribuição de espécies em escala de detalhe, uma vez que as suas características e propriedades variam em distâncias muito pequenas, enquanto outras variáveis ambientais são homogêneas em escalas de detalhe ou em pequenas distâncias (Dantas e Batalha, 2011). No Cerrado, as principais classes de solos com ocorrência nas formações savânicas são os Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho e os Neossolos Quartzarênicos (Reatto *et al.*, 2008). Lindoso e Felfili (2007) destacam que os Cerrados associados aos Neossolos Quartzarênicos apresentam variações em densidade decrescente da comunidade arbórea do sul para o nordeste do bioma, incluindo o Planalto Central e que essa relação merece ser investigada. Aproximadamente, 11% e 15% do território brasileiro e do Cerrado são compostos por Neossolos Quartzarênicos, respectivamente (Spera *et al.*, 1999).

Essa classe de solos é essencialmente quartzosa, composta de até 85% ou mais de areia grossa mais areia fina (Santos *et al.*, 2013). Por essa razão, são solos frágeis quando manejados, devido a sua elevada erodibilidade, o que os torna suscetíveis a processos erosivos, a uma baixa retenção de água e de nutrientes, devido ao baixo teor ou lixiviação pela drenagem interna intensa (Spera *et al.*, 1999; Pessoa *et al.*, 2015). Por essa razão apresentam baixa aptidão agrícola, pois além da elevada erodibilidade e baixa fertilidade, são enriquecidos em alumínio (álícos) e têm capacidade de troca catiônica dependente da matéria orgânica disponível (Spera *et al.*, 1999), que ocorre nos horizontes superficiais com até menos de 20 centímetros de espessura (Santos *et al.*, 2013).

Mesmo sendo solos marginais em relação à utilização agrícola, os Neossolos Quartzarênicos tem sofrido com o processo de ocupação por atividades antrópicas, ocasionando problemas ambientais como erosão, assoreamento, desertificação, contaminação e perda de biodiversidade (Sales *et al.*, 2010). Sendo assim os ecossistemas em que ocorrem são também considerados frágeis (Castro, 2005; Scopel *et al.*, 2005; Hermuche *et al.*, 2009; Pessoa *et al.*, 2015; Nunes e Castro, 2016). Nesse sentido, ao se considerar os processos de fragmentação e isolamento desses ecossistemas, surge o efeito de borda descrito por Murcia (2005), que pode ser ainda mais intensificado quando está sob o efeito de matriz de pastagem (Laurance *et al.*, 2007).

A vegetação nativa predominante sobre Neossolos Quartzarênicos é o Cerrado (sentido restrito) ou Campo Cerrado (Reatto *et al.*, 2008), para as quais Ribeiro e Walter (2008) afirmam que a deficiência nutricional é um fator integrante das teorias sobre a origem desses tipos de vegetação. Estes autores ressaltam que os fatores edáficos podem influenciar na estrutura da vegetação, na distribuição espacial dos indivíduos lenhosos e na composição florística do Cerrado sentido restrito. Uma das fitofisionomias deste tipo de Cerrado que também ocorre sobre Neossolos Quartzarênicos e que apresenta uma distribuição espacial distinta das demais é o Cerrado Denso, vegetação esta predominantemente arbórea, com cobertura de dossel entre 50 a 70% e altura de 5 a 8 m, apresentando estrato arbustivo e herbáceo menos adensado (Ribeiro e Walter, 2008).

Considerando os fatores edáficos da relação solo-planta e as formas de absorção de nutrientes pelas raízes no solo, Zonta *et al.* (2006) destacam o papel das raízes laterais e a região dos pelos radiculares. Os autores ressaltam que nestes últimos a absorção de íons é mais pronunciada, sendo sua distribuição, densidade e comprimentos

condicionados a fatores genéticos e ambientais. Isso revela que a zona de maior absorção de íons nas raízes das plantas ocorre na região mais superficial do solo, com profundidades bem específicas para cada espécie. Já em relação à disponibilidade hídrica, Oliveira (2008) reforça que plantas lenhosas do Cerrado não são afetadas pela escassez de água nos períodos secos, devido a absorção de água ocorrer pelas raízes profundas.

Sabendo da fragilidade que os Neossolos Quartzarênicos apresentam e do atual interesse em utilização dessas áreas pelo homem, o objetivo deste artigo é descrever a relação existente entre esse tipo de solo e a vegetação de Cerrado Denso, de modo a responder as seguintes perguntas: (1) Como se comportam as variáveis microclimáticas e físico-químicas do solo ao longo de um gradiente pasto-borda-interior? (2) A estrutura da comunidade de plantas lenhosa é influenciada pelas características microclimáticas e físico-químicas do solo?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A Alta Bacia do Rio Araguaia (ABA) abrange uma área aproximada de 62.384,41 km², contendo total ou parcialmente 49 municípios dos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Faria e Castro, 2007). Nela, os fragmentos de Cerrado Denso estudados estão localizados especificamente nas suas Sub-bacias do rio Claro e rio Garças (Figura 1). A Sub-bacia do rio Claro localiza-se na porção leste da ABA e em território goiano, drenando uma área de 12.062,18 km², enquanto a Sub-bacia do Rio Garças situa-se na porção noroeste, em território mato-grossense, drenando uma área de 17.852,49km², (Faria *et al.*, 2012). Em 2010, cerca de 8% da Sub-bacia do rio Claro correspondia a fragmentos de vegetação da formação savânica, estando o restante convertido ao uso agropecuário, enquanto que na Sub-bacia do rio Garças correspondia a quase 50% da área (Faria *et al.*, 2012).

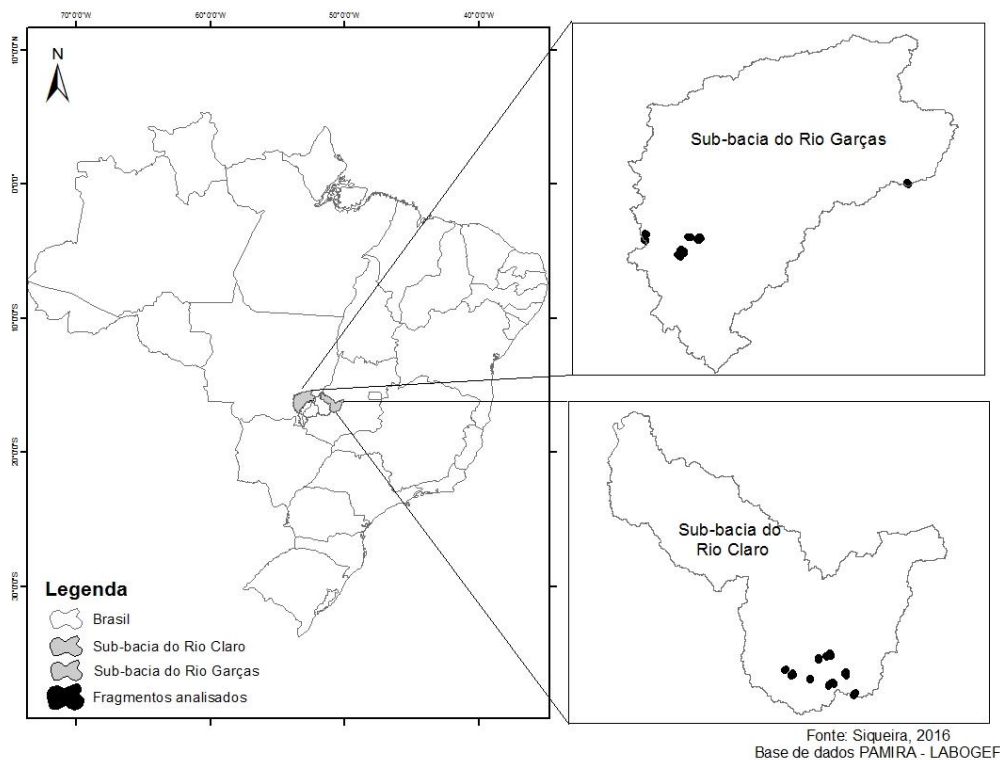


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo: Sub-bacias do Rio Claro e Garças e fragmentos amostrados.

Os Neossolos Quartzarênicos (RQ) estão presentes em cerca de 12% da Sub-bacia do Rio Claro (Faria, 2011) e 48% da Sub-bacia do Rio Garças (Siqueira, 2012), perfazendo aproximadamente 23% da ABA (Faria e Castro, 2007). A ordem dos Neossolos correspondente no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.*, 2013) é composta por várias subclasses, dentre elas a dos RQ. Estes se caracterizam por apresentar contato lítico dentro de 50 cm de profundidade; sequência de horizontes A-C; presença de classe textural de areia ou areia franca em todos os horizontes numa profundidade mínima de 150 cm entre a superfície do solo e o contato lítico; a areia é quartzosa, e as frações areia grossa e areia fina somam 85% ou mais da terra fina, podendo conter também calcedônia e opala; ausência de minerais primários alteráveis, menos resistentes ao intemperismo (Santos *et al.*, 2013).

Os RQ são solos formados por material mineral e podem conter material orgânico superficial, geralmente com baixo teor de *húmus* e compondo horizonte pouco espesso (menos de 20 cm) e, não apresentam alterações expressivas em relação ao material de origem, frequentemente arenitos ou sedimentos arenosos (Santos *et al.*, 2013). Isto decorre da textura arenosa e da baixa intensidade de atuação dos processos

pedogenéticos, seja em razão de características intrínsecas de resistência do material de origem, ou ainda, por influência dos demais fatores de formação e evolução dos solos como o relevo, o clima ou tempo (Santos *et al.*, 2013). Solos originados de rochas areníticas são geralmente muito pobres em macro e micronutrientes e em matéria orgânica, são porosos e com consistência solta e baixa coesão, por isso são suscetíveis à erosão hídrica e eólica, sobretudo quando há supressão de sua vegetação original (Reatto *et al.*, 2008).

Seleção dos fragmentos amostrados e amostragem da vegetação

Utilizou-se como base de estudo o mapeamento do uso do solo da área de estudo no ano de 2010 elaborado por Faria *et al.* (2012), em que a classificação da vegetação do Cerrado foi realizada de acordo com Ribeiro e Walter (2008). Nesse mapa foram selecionados apenas fragmentos de Cerrado Denso maiores do que 50 ha, não lineares, presentes em matrizes de pastagem e sobre Neossolos Quartzarênicos. No total, foram amostrados 17 fragmentos, dos quais nove situam-se na Sub-bacia do Rio Claro e oito na Sub-bacia do Rio Garças (Figura 1).

Para amostrar a vegetação, utilizou-se o método de parcelas, sendo estabelecidas três parcelas de 20 x 50 m em cada fragmento, estando assim dispostas: a primeira em contato com a borda (0 a 50 m da borda); a segunda em contato com a primeira (50 a 100 m da borda); a terceira na área central dos fragmentos (a 200 metros da borda atingindo 250 m da mesma). Na amostragem, foram incluídos todos os indivíduos lenhosos em pé com diâmetro maior ou igual a 5 cm ($D_{30} \geq 5$ cm) a 30 cm do solo, (Felfili *et al.*, 2011). Os espécimes foram identificados em campo e, quando impossível, foi realizada consulta em literatura específica e junto a especialistas. A nomenclatura dos exemplares foi realizada de acordo com as orientações do *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III de 2009).

Coleta e análise do solo

A coleta de solos para a análise dos parâmetros físico-químicos foi realizada com o auxílio de um trado manual holandês. Em cada parcela fitossociológica foi coletada uma amostra de solo na profundidade de 0 a 20 cm, sempre a 10 metros do início da parcela em relação à borda do fragmento, de modo a evitar transições muito progressivas entre parcelas. A coleta de solos na pastagem ocorreu a uma distância de cerca de 10 metros do início do fragmento.

As análises químicas e físicas das amostras de solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Foliar da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, sendo determinados os seguintes atributos: granulometria em três classes (areia, silte e argila), teor de matéria orgânica (M.O.), grau de saturação por Alumínio (M) e por bases (V); acidez (CaCl_2); Capacidade de Troca Catiônica (CTC), nitrogênio (N), alumínio (Al), fósforo - P(Mehl); potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg); hidrogênio (H) + alumínio (Al); Foram calculadas as relações Ca/Mg, Mg/K, Ca/K; porcentagem de Ca/CTC, Mg/CTC, K/CTC para fins e avaliação da fertilidade dos solos.

Adicionalmente, nos pontos em que as amostras de solos foram coletadas, aferiu-se também: a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e a umidade relativa do ar (%), ambas com auxílio de Termohigrômetro Digital (precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$); a intensidade luminosa (lux) através de aparelho Luxímetro Digital (MLM 1011 – Minipa); a temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$), a 20 cm de profundidade, com auxílio de termômetro para solo; e a altitude com o auxílio de aparelho de posicionamento global (*Garmin - GPSmap 60CSx*).

Análise dos dados

Os parâmetros fitossociológicos relativos à riqueza e abundância de indivíduos por cada parcela foram processados utilizando o programa Mata Nativa 3 (Cientec, 2010). A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para testar se as variáveis microclimáticas e/ou físico-químicas do solo variavam ao longo do gradiente pasto-borda-interior dos fragmentos. Este procedimento estatístico também foi utilizado para testar se tais fatores variavam comparativamente entre as duas Sub-bacias. Segundo Legendre e Legendre (1998) a PCA é uma técnica de ordenação que condensa as informações contidas em um grande número de variáveis a um pequeno conjunto de variáveis independentes. Desta forma, as 26 variáveis consideradas inicialmente foram reduzidas a um pequeno conjunto composto por dois componentes principais (eixo 1 e 2).

Para testar a relação entre a estrutura da comunidade de plantas lenhosas e as variáveis abióticas citadas acima, foi utilizada a Análise de Redundância (RDA). Esta técnica corresponde a uma análise que calcula a quantidade da variância de um grupo de variáveis respostas que pode ser explicada por uma combinação linear de variáveis explanatórias (Legendre e Legendre, 1998; Felfili *et al.*, 2011). Os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do programa *R* (R Core Team 2013).

RESULTADOS

As duas Sub-bacias somaram 8.749 indivíduos pertencentes a 131 espécies de plantas lenhosas. Na Sub-bacia do rio Claro, registrou-se 5.291 indivíduos pertencentes a 113 espécies, enquanto que na Sub-bacia do rio Garças foram registrados 3.445 indivíduos pertencentes a 103 espécies (tabela 1). *Qualea parviflora* (n = 417 indivíduos) foi a espécie mais abundante, seguida por *Emmotum nitens* (n = 400 indivíduos), *Buchenavia tomentosa* (n = 364 indivíduos) e *Guapira hirsuta* (n = 330 indivíduos). Por outro lado, 18 espécies foram representadas apenas por um indivíduo cada.

Tabela 01. Espécies lenhosas registradas nas parcelas amostradas nas Sub-bacias do rio Claro e Garças, em ordem alfabética de família.

| Família | Espécie | Ameaça | N. Ind. | P. Claro | P. Garças |
|---------------|---|--------|---------|----------|-----------|
| — | Árvores mortas em pé | — | 615 | 26 | 24 |
| Anacardiaceae | <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott | LC | 5 | 1 | 1 |
| | <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | NE | 1 | 1 | 0 |
| Annonaceae | <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. | LC | 303 | 24 | 16 |
| | <i>Annona coriacea</i> Mart. | LC | 94 | 9 | 22 |
| | <i>Annona crassiflora</i> Mart. | NE | 29 | 9 | 2 |
| | <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schlttdl. | NE | 16 | 3 | 3 |
| | <i>Annona dioica</i> A.St.-Hil. | LC | 1 | 1 | 0 |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC. | NE | 311 | 20 | 3 |
| | <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. | LC | 107 | 21 | 9 |
| | <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. | LC | 16 | 9 | 3 |
| | <i>Hancornia speciosa</i> Gomes | NE | 6 | 2 | 4 |
| | <i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg. | LC | 5 | 2 | 2 |
| | <i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson | NE | 4 | 2 | 1 |
| Araliaceae | <i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schlttdl.) Frodin | NE | 20 | 10 | 0 |
| | <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al. | NE | 4 | 2 | 0 |
| Arecaceae | <i>Attalea humilis</i> Mart. | NE | 1 | 1 | 0 |
| | <i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc. | NE | 1 | 0 | 1 |
| Asteraceae | <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker | NE | 5 | 3 | 2 |
| | <i>Eremanthus</i> sp. | — | 3 | 0 | 2 |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos | NE | 30 | 15 | 6 |
| | <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore | NE | 26 | 6 | 11 |
| | <i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart. | NE | 6 | 5 | 0 |

| | | | | | |
|---|--|-------|-----|----|----|
| | <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose | NE | 5 | 0 | 5 |
| Calophyllaceae | <i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc. | NE | 83 | 15 | 10 |
| | <i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess. | NE | 36 | 10 | 9 |
| Caryocaraceae | <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. | LC | 89 | 23 | 11 |
| Celastraceae | <i>Plenckia populnea</i> Reissek | NE | 41 | 11 | 1 |
| | <i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don | NE | 10 | 3 | 6 |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania humilis</i> Cham. & Schtdl. | NE | 76 | 10 | 18 |
| | <i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc. | NE | 4 | 2 | 0 |
| | <i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. | NE | 33 | 11 | 9 |
| Combretaceae | <i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler | NE | 364 | 24 | 24 |
| | <i>Terminalia argentea</i> Mart. | LC | 2 | 1 | 1 |
| Connaraceae | <i>Connarus suberosus</i> Planch. | NE | 55 | 11 | 12 |
| | <i>Rourea induta</i> Planch. | NE | 13 | 5 | 0 |
| Dilleniaceae | <i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil. | NE | 117 | 12 | 16 |
| | <i>Curatella americana</i> L. | NE | 4 | 3 | 0 |
| Ebenaceae | <i>Diospyros hispida</i> A.DC. | LC | 157 | 17 | 17 |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil. | NE | 13 | 4 | 6 |
| | <i>Erythroxylum</i> sp.2 | _____ | 11 | 2 | 4 |
| | <i>Erythroxylum</i> sp.1 | _____ | 6 | 2 | 4 |
| | <i>Erythroxylum</i> sp.4 | _____ | 2 | 0 | 1 |
| | <i>Erythroxylum</i> sp.3 | _____ | 2 | 0 | 1 |
| Euphorbiaceae | <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | NE | 11 | 2 | 0 |
| Fabaceae | <i>Tachigali vulgaris</i> L.G. Silva & H.C. Lima | NE | 284 | 15 | 18 |
| | <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel | NE | 191 | 23 | 10 |
| | <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke | NE | 155 | 21 | 8 |
| | <i>Andira cujabensis</i> Benth. | NE | 112 | 14 | 17 |
| | <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. | LC | 107 | 17 | 10 |
| | <i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. | NE | 101 | 0 | 16 |
| | <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne | NE | 91 | 21 | 11 |
| | <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | NE | 83 | 16 | 1 |
| | <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel | NE | 80 | 22 | 9 |
| | <i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth. | LC | 69 | 16 | 6 |
| | <i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart. | NE | 51 | 16 | 13 |
| | <i>Tachigali aurea</i> Tul. | NE | 46 | 12 | 13 |
| | <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. | NE | 45 | 12 | 9 |
| | <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth | NT | 37 | 10 | 12 |
| | <i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby | NE | 24 | 7 | 0 |
| | <i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel | NE | 23 | 11 | 2 |
| <i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul | NE | 16 | 6 | 0 | |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. | NE | 14 | 7 | 3 | |

| | | | | | |
|-----------------|--|-------|-----|----|----|
| | <i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul. | NE | 11 | 0 | 6 |
| | <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville | LC | 7 | 3 | 0 |
| | <i>Machaerium opacum</i> Vogel | NE | 4 | 4 | 0 |
| | <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr. | NE | 3 | 3 | 0 |
| | <i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud. | NE | 1 | 0 | 1 |
| | <i>Dipteryx alata</i> Vogel | LC | 1 | 1 | 0 |
| Icacinaceae | <i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers | NE | 400 | 25 | 18 |
| | <i>Aegiphila sellowiana</i> Cham. | NE | 14 | 8 | 3 |
| Lamiaceae | <i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley | NE | 33 | 10 | 1 |
| | <i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez | NT | 296 | 26 | 21 |
| | <i>Aiouea</i> sp. | _____ | 1 | 0 | 1 |
| Lecythidaceae | <i>Eschweilera nana</i> (O.Berg) Mier | NE | 131 | 24 | 18 |
| Loganiaceae | <i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil. | NE | 20 | 7 | 8 |
| Lythraceae | <i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil. | LC | 96 | 10 | 14 |
| | <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth | LC | 79 | 11 | 21 |
| | <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss. | NE | 53 | 13 | 2 |
| | <i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss. | NE | 24 | 2 | 15 |
| | <i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC. | NE | 22 | 5 | 12 |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima crassa</i> Nied. | NE | 12 | 4 | 3 |
| | <i>Byrsonima</i> sp. | _____ | 3 | 3 | 0 |
| | <i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss. | NE | 1 | 0 | 1 |
| | <i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss. | NE | 1 | 0 | 1 |
| | <i>Byrsonima sericea</i> DC. | NE | 1 | 1 | 0 |
| | <i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns | NE | 108 | 21 | 17 |
| Malvaceae | <i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns | NE | 3 | 2 | 1 |
| | <i>Miconia burchellii</i> Triana | NE | 7 | 0 | 5 |
| | <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana | NE | 2 | 0 | 2 |
| Melastomataceae | <i>Miconia punctata</i> (Desr.) DC. | NE | 1 | 0 | 1 |
| | <i>Miconia ferruginata</i> DC. | NE | 150 | 11 | 13 |
| | <i>Mouriri pusa</i> Gardner | NE | 128 | 21 | 15 |
| | <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul | NE | 74 | 20 | 12 |
| Moraceae | <i>Ficus</i> sp. | _____ | 5 | 3 | 0 |
| Myristicaceae | <i>Virola sebifera</i> Aubl. | NE | 2 | 1 | 0 |
| | <i>Myrcia variabilis</i> DC. | LC | 174 | 22 | 10 |
| | <i>Myrcia</i> sp.1 | _____ | 168 | 19 | 14 |
| | <i>Myrcia rostrata</i> DC. | NE | 121 | 7 | 21 |
| | <i>Myrcia</i> sp.2 | _____ | 46 | 9 | 8 |
| Myrtaceae | <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. | NE | 36 | 5 | 1 |
| | <i>Psidium myrtoides</i> O.Berg | NE | 24 | 0 | 12 |
| | <i>Myrcia</i> sp.3 | _____ | 6 | 0 | 2 |
| | <i>Psidium</i> sp. | _____ | 1 | 1 | 0 |

| | | | | | |
|---------------|---|-----|-----|----|----|
| Nyctaginaceae | <i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell | LC | 330 | 22 | 2 |
| | <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell | NE | 131 | 19 | 8 |
| Ochnaceae | <i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill. | NE | 84 | 13 | 12 |
| | <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl. | LC | 32 | 16 | 3 |
| Opiliaceae | <i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f. | NE | 20 | 7 | 3 |
| Polygonaceae | <i>Coccoloba mollis</i> Casar. | NE | 2 | 1 | 0 |
| Primulaceae | <i>Cybianthus gardneri</i> (A.DC.) G.Agostini | NE | 4 | 1 | 2 |
| Proteaceae | <i>Roupala montana</i> Aubl. | NE | 211 | 25 | 12 |
| Rubiaceae | <i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl. | NE | 20 | 7 | 0 |
| | <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K.Schum. | NE | 13 | 5 | 4 |
| | <i>Palicourea rigida</i> Kunth | NE | 11 | 4 | 2 |
| | <i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze | NE | 3 | 2 | 0 |
| | <i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich. | NE | 2 | 0 | 2 |
| | <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg. | LC | 1 | 1 | 0 |
| | <i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltld. | NE | 1 | 1 | 0 |
| Salicaceae | <i>Casearia sylvestris</i> Sw. | NE | 19 | 9 | 4 |
| Sapindaceae | <i>Matayba guianensis</i> Aubl. | NE | 11 | 5 | 1 |
| Sapotaceae | <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | NE | 88 | 9 | 17 |
| | <i>Pouteria</i> sp. | --- | 14 | 3 | 4 |
| Simaroubaceae | <i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil. | NE | 5 | 3 | 2 |
| Siparunaceae | <i>Siparuna guianensis</i> Aubl. | NE | 1 | 1 | 0 |
| Solanaceae | <i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil. | NE | 1 | 1 | 0 |
| Styracaceae | <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart. | NE | 22 | 9 | 4 |
| Vochysiaceae | <i>Qualea parviflora</i> Mart. | NE | 417 | 24 | 23 |
| | <i>Qualea grandiflora</i> Mart. | NE | 294 | 27 | 21 |
| | <i>Qualea multiflora</i> Mart. | NE | 224 | 22 | 14 |
| | <i>Vochysia rufa</i> Mart. | NE | 204 | 21 | 19 |
| | <i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil. | NE | 42 | 16 | 4 |

Legenda: Ameaça= Status de ameaça de acordo com o Livro Vermelho da Flora; N. Ind. = número de indivíduos registrados; N. Claro= número de parcelas que ocorreram aquela espécie na Sub-bacia do rio Claro; N. Garças= número de parcelas que ocorreram aquela espécie na Sub-bacia do rio Garças; NE= Espécie não avaliada quanto à ameaça; LC= pouco preocupante; NT= quase ameaçada.

No total, 28 espécies foram exclusivas da Sub-bacia do rio Claro, sendo elas *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*, *Annona dioica*, *Attalea humilis*, *Byrsonima sericea*, *Byrsonima* sp., *Chamaecrista orbiculata*, *Coccoloba mollis*, *Copaifera langsdorffii*, *Cordia sessilis*, *Coussarea hydrangeifolia*, *Cybistax antisyphilitica*, *Dipteryx alata*, *Enterolobium gummiferum*, *Euplassa inaequalis*, *Ficus* sp., *Guettarda viburnoides*, *Hirtella ciliata*, *Machaerium opacum*, *Maprounea guianensis*, *Psidium* sp., *Rourea induta*, *Schefflera macrocarpa*, *Schefflera morototoni*, *Siparuna guianensis*,

Solanum lycocarpum, *Stryphnodendron adstringens*, *Tapirira guianensis* e *Virola sebifera*. Na Sub-bacia do rio Garças, apenas 18 espécies foram exclusivas sendo elas: *Aiouea* sp., *Alibertia edulis*, *Bauhinia rufa*, *Byrsonima intermedia*, *Byrsonima pachyphylla*, *Cenostigma macrophyllum*, *Diptychandra aurantiaca*, *Eremanthus* sp., *Erythroxylum* sp.2, *Erythroxylum* sp.3, *Erythroxylum* sp.4, *Handroanthus serratifolius*, *Miconia albicans*, *Miconia burchellii*, *Miconia punctata*, *Myrcia* sp.3, *Psidium myrtoides* e *Syagrus flexuosa*.

As médias dos parâmetros físico-químicos do solo e microclimáticos obtidos são apresentadas na tabela 2. Ao longo do gradiente pasto-borda-interior dos fragmentos não se percebe diferenças entre os parâmetros analisados. Por outro lado, observou-se diferenças nesses parâmetros entre os fragmentos amostrados nas duas Sub-bacias (Figura 2). Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 45% da variação total (Tabela 3; Figura 2). O eixo 1 da PCA explicou 34,27% da variação encontrada e foi negativamente correlacionada com Ca/CTC (-0.3125) e Ca/K (-0.3058), enquanto o eixo 2 da PCA explicou 10,6% da variação encontrada, sendo negativamente correlacionada com as temperaturas do solo (-0.4652) e do ar (-0.3994).

Tabela 2. Resultados físico-químicos e microclimáticos dos solos coletados nos fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do rio Araguaia, estados de Goiás e Mato Grosso, Brasil. Os valores apresentados expressam a média, desvio padrão, mínimo e o máximo para cada uma dos parâmetros analisados.

| Variáveis | Sub-bacia rio Claro (n = 36 amostras) | Sub-bacia rio Garças (n = 32 amostras) | Área total amostrada (n = 68 amostras) |
|--------------------------|--|---|---|
| Altitude (m) | 701,58±72,94 (596 – 801) | 559±88,66 (320 – 643) | 634±107,5 (320 – 801) |
| Temperatura do ar (°C) | 32,73±3,76 (24 – 38,5) | 31,99±5,55 (23,95 – 49,5) | 32,38±4,67 (23,95 – 49,5) |
| Umidade (%) | 41,90±12,01 (24 – 70,5) | 59,38±15,38 (34,35 – 91) | 50,13±16,19 (24 – 91) |
| Lux. | 0,752±0,711 (0,115 – 3,035) | 1,21±1,28 (0,065 – 5,47) | 0,97±1,04 (0,065 – 5,47) |
| Temperatura do solo (°C) | 26,65±2,39 (24 - 33) | 27,71±2,9 (23,8 – 35) | 27,15±2,68 (23,8 – 35) |
| Argila (%) | 17,47±2,33 (14 – 26) | 14,62±3,46 (7 – 24) | 16,13±3,23 (7 – 26) |
| Silte (%) | 9,27±2,23 | 5,96±4,63 | 7,72±3,91 |

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | (4 – 15) | (0 – 21) | (7 – 21) |
| Areia (%) | 73,25±3,4 (65 – 82) | 79,40±6,74 (62 – 87) | 76,14±6,05 (62 – 87) |
| N (dag/kg) | 0,09±0,013 (0,07 – 0,13) | 0,083±0,007 (0,07 – 0,1) | 0,086±0,011 (0,07 – 0,13) |
| M.O. (%) | 1,07±0,65 (0,3 – 3,1) | 0,406±0,74 (0,1 – 3,3) | 0,758±0,768 (0,1 – 3,3) |
| pH (CaCl ₂) | 4,38±0,908 (4 – 9,5) | 4,32±0,17 (4 – 5,1) | 4,35±0,66 (4 – 9,5) |
| P(Mehl) (mg/dm ³) | 4,19±2,65 (1,1 – 0,82) | 2,12±1,35 (0,6 – 6,9) | 3,26±2,34 (06 – 15,5) |
| K (mg/dm ³) | 36,33±6,607 (30 – 60) | 51,71±40,02 (31 – 266) | 43,57±28,7 (30 – 266) |
| Ca (cmolc/dm ³) | 1,16±0,82 (0,6 – 5,7) | 0,301±0,22 (0,1 – 0,9) | 0,76±0,75 (0,1 – 5,7) |
| Mg (cmolc/dm ³) | 0,466±0,139 (0,2 – 1) | 0,23±0,09 (0,1 – 0,5) | 0,356±0,16 (0,1 – 1) |
| H+Al (cmolc/dm ³) | 1,86±0,55 (0,9 – 3,5) | 1,818±0,48 (0,9 – 3,1) | 1,842±0,51 (0,9 – 3,5) |
| Al (cmolc/dm ³) | 0,72±0,76 (0 – 4) | 0,625±0,174 (0,1 – 0,9) | 0,679±0,568 (0 – 4) |
| CTC (cmolc/dm ³) | 3,59±1,079 (1,87 – 8,52) | 2,48±0,45 (1,71 – 3,62) | 3,07±1 (1,72±8,57) |
| M (%) | 27,72±15,05 (0 – 72,93) | 49,39±13,77 (7,81 – 66,96) | 37,93±18,02 (0 – 72,93) |
| V (%) | 47,38±9,61 (29,78 – 80,06) | 27,25±10,84 (12,69 – 56,71) | 37,91±14,31 (12,96 – 80,06) |
| Ca/Mg | 2,44±0,742 (0,875 – 5,7) | 1,5±1,6 (0,33 – 9) | 2±1,38 (0,33 – 9) |
| Mg/K | 5,06±1,31 (2,6 – 8,23) | 2,04±1,06 (0,29 – 7,6) | 3,64±1,93 (0,29 – 8,23) |
| Ca/K | 12,41±6,35 (6,17 – 44,57) | 2,71±2,15 (0,29 – 7,6) | 7,84±6,85 (0,29 – 44,57) |
| Ca/CTC (%) | 31,37±8,52 (20,06 – 66,89) | 12,37±8,98 (3,47 – 34,24) | 22,43±12,9 (3,47 – 66,83) |
| Mg/CTC (%) | 13,28±3,43 (8,02 – 28,6) | 9,54±4,09 (3,81 – 24,04) | 11,52±4,17 (3,81 – 28,6) |
| K/CTC (%) | 2,72±0,67 (1,49 – 4,21) | 5,33±3,25 (2,83 – 21,39) | 3,95±2,61 (1,49 – 21,39) |

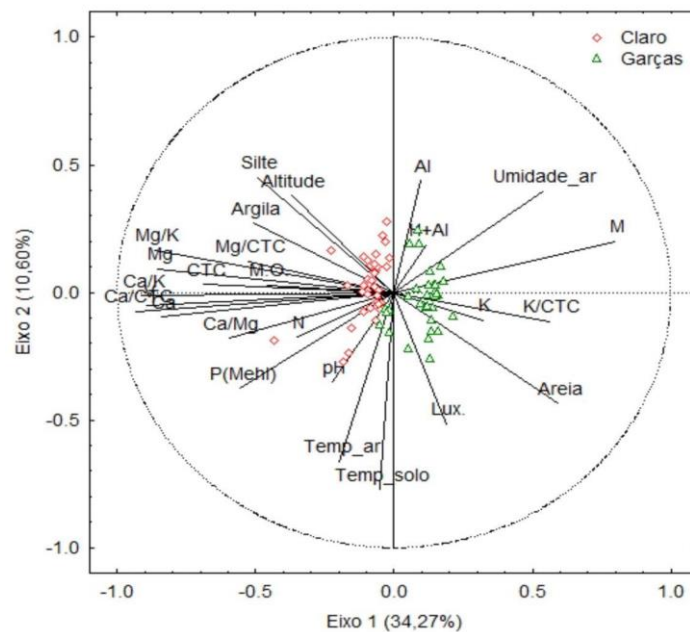


Figura 2. Análise dos Componentes Principais (PCA) mostrando a separação dos fragmentos das Sub-bacias do rio Claro e Garças de acordo com as variáveis microclimáticas e físico-químicas do solo.

Tabela 3. *Loadings* das variáveis utilizadas na PCA, a qual considerou as Sub-bacias do rio Claro e rio Garças, na Alta Bacia do Araguaia. Os valores em negrito demonstram as variáveis que apresentaram maiores associações em relação a cada um dos eixos.

| Variáveis Ambientais | Eixo 1 | Eixo 2 |
|----------------------------|--------------|---------------------|
| Altitude | -0.124162741 | 0.227892759 |
| Temperatura do ar | -0.066198185 | -0.399452187 |
| Umidade relative do ar | 0.179273762 | 0.237973814 |
| Luxímetro | 0.062738247 | -0.311304588 |
| Temperatura do solo | -0.016788919 | -0.465195894 |
| Argila | -0.170481713 | 0.163272973 |
| Silte | -0.165540506 | 0.270805492 |
| Areia | 0.197983793 | -0.262195518 |
| Nitrogênio | -0.117529173 | -0.105604586 |
| Matéria Orgânica | -0.153470811 | 0.017037256 |

| | | |
|-------------------------------|---------------------|--------------|
| pH | -0.075082954 | -0.211404525 |
| P(Mehl) | -0.186015782 | -0.22607854 |
| K | 0.107055118 | -0.065693872 |
| Ca | -0.281667991 | -0.058606092 |
| Mg | -0.286443049 | 0.055252263 |
| H+Al | 0.03910483 | 0.112056949 |
| Al | 0.032769798 | 0.26418195 |
| Capacidade de troca catiônica | -0.230319951 | 0.018219478 |
| % saturação por alumínio | 0.267131061 | 0.11981716 |
| % saturação por base | -0.298983242 | -0.031816703 |
| Ca/Mg | -0.199910241 | -0.108271465 |
| Mg/K | -0.289067458 | 0.099329403 |
| Ca/K | -0.305792866 | -0.008536996 |
| Ca/CTC | -0.312553126 | -0.044872381 |
| Mg/CTC | -0.176922682 | 0.072763069 |
| K/CTC | 0.187886533 | -0.068884254 |
| Autovalor | 8,909 | 2,756 |
| Proporção explicada (%) | 34,27 | 10,6 |
| Total da variação (%) | 34,27 | 44,87 |

Constatou-se uma relação entre a distribuição das espécies vegetais e os fatores abióticos considerados neste estudo, como altitude, umidade, silte, matéria orgânica, pH e Ca. Os dois primeiros eixos da RDA explicaram 61,41% da variação encontrada (Tabela 4; Figura 3). O eixo 1 da RDA explicou 44,66% da variação total, no qual as espécies *Aspidosperma multiflorum*, *Aspidosperma tomentosum*, *Byrsonima basiloba*, *Copaifera langsdorffii*, *Guapira noxia*, *Guapira hirsuta*, *Machaerium acutifolium*, *Myrcia variabilis*, *Peltogyne confertiflora*, *Pterodon emarginatus*, *Roupala montana* e *Vatairea macrocarpa* foram negativamente correlacionadas com as variáveis altitude, cálcio, matéria orgânica e silte (Tabela 5). Por outro lado, as espécies *Andira cujabensis*, *Annona coriacea*, *Buchenavia tomentosa*, *Byrsonima cocolobifolia*, *Davilla elliptica*, *Diospyros hispida*, *Diptychandra aurantiaca*, *Licania humilis*, *Miconia ferruginata*, *Myrcia rostrata*, *Pouteria ramiflora*, *Psidium myrtoides* e *Tachigali vulgaris* foram positivamente correlacionadas ao pH e umidade relativa do ar (Tabela 6).

Tabela 4. Resultado da Análise de Redundância (RDA) correlacionando a estrutura da comunidade vegetal com variáveis abióticas em fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia.

| Variáveis Ambientais | RDA 1 | RDA 2 |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| Altitude | -0,567 | -0,675 |
| Umidade | 0,561 | -0,231 |
| Silte | -0,563 | 0,056 |
| M.O. | -0,773 | -0,029 |
| pH | 0,392 | -0,106 |
| Ca | -0,828 | 0,405 |
| Autovalor | 0,0698 | 0,0262 |
| Proporção explicada (%) | 44,66 | 16,75 |
| Total da variação (%) | 44,66 | 61,41 |

O eixo 2 da RDA explicou 16,75% da variação encontrada e as espécies *Annona coriacea*, *Aspidosperma multiflorum*, *Aspidosperma tomentosum*, *Byrsonima basiloba*, *Byrsonima cocolobifolia*, *Davilla elliptica*, *Diospyros hispida*, *Guapira noxia*, *Guapira hirsuta*, *Licania humilis*, *Psidium myrtoides*, *Roupala montana* e *Tachigali vulgaris* foram negativamente correlacionadas a altitude, pH, matéria orgânica e umidade relativa do ar (Tabela 5). As espécies *Andira cujabensis*, *Buchenavia tomentosa*, *Machaerium acutifolium*, *Miconia ferruginata*, *Myrcia rostrata*, *Myrcia variabilis*, *Peltogyne confertiflora*, *Pouteria ramiflora*, *Pterodon emarginatus* e *Vatairea macrocarpa* foram positivamente correlacionadas ao cálcio e silte presentes no solo (Tabela 5).

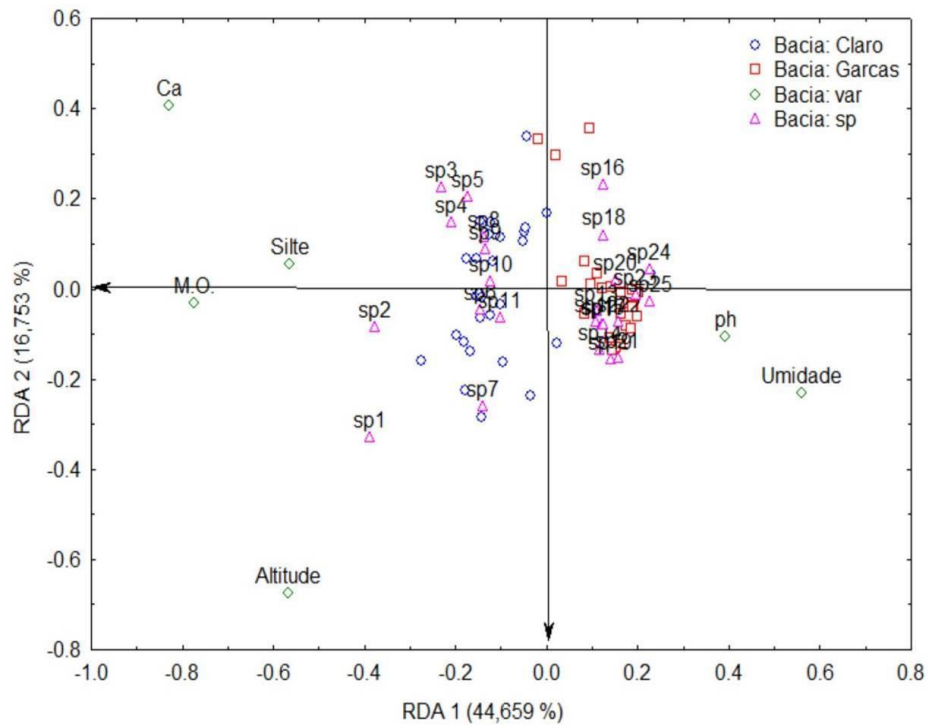


Figura 3 – Análise de Redundância (AR) correlacionando a estrutura da comunidade vegetal com variáveis abióticas em fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia, estados de Goiás e Mato Grosso, Brasil. As espécies associadas às variáveis são: Sp1= *G. hirsuta*; sp2= *A. multiflorum*; sp3= *P. emarginatus*; sp4= *V. macrocarpa*; sp5= *M. variabilis*; sp6= *R. montana*; sp7= *G. noxia*; sp8= *C. langsdorffii*; sp9= *P. confertiflora*; sp10= *M. acutifolium*; sp11= *A. tomentosum*; sp12= *B. basiloba*; sp13= *P. myrtoides*; sp14= *L. humilis*; sp15= *T. vulgaris*; sp16= *B. tomentosa*; sp17= *D. hispida*; sp18= *A. cujabensis*; sp19= *D. elliptica*; sp20= *P. ramiflora*; sp21= *M. ferruginata*; sp22= *B. cocolobifolia*; sp23= *A. coriacea*; sp24= *M. rostrata*; sp25= *D. aurantiaca*.

Tabela 5 - Resultado da Análise de Redundância (RDA) baseado nas 25 principais espécies vegetais encontradas nos fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia, estados de Goiás e Mato Grosso, Brasil.

| Espécie | Eixo 1 | Eixo 2 |
|---|--------|--------|
| <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz | -0.39 | -0.33 |
| <i>Aspidosperma multiflorum</i> | -0.38 | -0.08 |
| <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel | -0.23 | 0.22 |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke | -0.21 | 0.15 |
| <i>Myrcia variabilis</i> DC. | -0.17 | 0.20 |

| | | |
|---|-------|-------|
| <i>Roupala montana</i> Aubl. | -0.15 | -0.05 |
| <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell. | -0.14 | -0.26 |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | -0.14 | 0.11 |
| <i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth. | -0.13 | 0.09 |
| <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel | -0.12 | 0.02 |
| <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. | -0.10 | -0.06 |
| <i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss. | 0.11 | -0.07 |
| <i>Psidium myrtoides</i> O.Berg | 0.11 | -0.05 |
| <i>Licania humilis</i> Cham. & Schltldl. | 0.12 | -0.14 |
| <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima | 0.12 | -0.08 |
| <i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler | 0.12 | 0.23 |
| <i>Diospyros hispida</i> DC. | 0.12 | -0.08 |
| <i>Andira cuyabensis</i> Benth. | 0.13 | 0.12 |
| <i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil. | 0.14 | -0.16 |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | 0.15 | 0.02 |
| <i>Miconia ferruginata</i> DC. | 0.16 | -0.15 |
| <i>Byrsonima cocolobifolia</i> Kunth | 0.16 | -0.07 |
| <i>Annona coriacea</i> Mart. | 0.20 | -0.01 |
| <i>Myrcia rostrata</i> DC. | 0.23 | 0.04 |
| <i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. | 0.23 | -0.03 |

DISCUSSÃO

Registrou-se um elevado número de espécies de plantas lenhosas em fragmentos de Cerrado Denso, 131 (13,8%) das 951 espécies registradas por Ratter *et al.* (2003) em 376 sítios em Cerrados e Savanas amazônicas. Padrão similar de riqueza de espécies em formações savânicas também foi encontrado por Soares *et al.* (2015), sendo 107 espécies no distrito de Ouroana e 120 no município de Montes Claros de Goiás, áreas localizadas no estado de Goiás. Das 131 espécies registradas, apenas duas (*Bowdichia virgilioides* e *Mezilaurus crassiramea*) são categorizadas como quase ameaçadas de acordo com a Lista Vermelha (Martinelli e Morais, 2013), o que significa que uma atenção especial deve ser dada a estas espécies, especialmente no que se refere a estudos populacionais e de conservação.

As variáveis abióticas ao longo do gradiente pasto-borda-interior nos fragmentos analisados não diferiram entre si. Além de não corroborarem a ideia inicial deste estudo, tais resultados também não estão de acordo com os obtidos por Didham & Lawton (1999), Hennenberg *et al.* (2008), Sampaio & Scariot, (2011), uma vez que tais autores demonstram a existência de um gradiente borda-interior em relação aos fatores abióticos do solo. Todavia, os resultados deste estudo são similares aos obtidos por Reys *et al.* (2013) que também avaliaram RQ em áreas de Cerrado e não observaram qualquer tipo de variação ao longo do gradiente borda-interior. Diante disso, pode-se inferir que as variáveis físico-químicas em RQ apresentam-se bastante homogêneas nesses ambientes distintos, inclusive em pastagem.

Os solos amostrados em ambas Sub-bacias são considerados distróficos e ácidos, com pH em torno de 4,3. Contudo, as variáveis abióticas diferiram entre as duas Sub-bacias amostradas, pois a Sub-bacia do rio Claro apresentou os maiores valores de Ca/CTC e Ca/K, ambas relacionadas com a disponibilidade de nutrientes no solo e, também a variável temperatura do ar. Por outro, a Sub-bacia do Rio Garças apresentou os menores valores médios de Cálcio. Tais diferenças não podem ser explicadas pelo material de origem do solo, uma vez que Faria (2011) e Siqueira (2012) indicaram a presença única da mesma Formação Geológica Aquidauana nos sítios amostrados.

Haridasan (2000) destaca que o processo de calagem, que é a correção do solo a partir da adição de calcário, pode alterar os parâmetros químicos do solo. Ainda, Couto *et al.* (2006) afirmaram que as queimadas podem reduzir a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e o Cálcio (Ca), além do pH, especialmente por CTC e Ca estarem relacionados à matéria orgânica. Portanto, tais fatores de origem antrópica, podem explicar as diferenças das variações do solo verificadas entre as Sub-bacias. Nesse mesmo sentido, Soares *et al.* (2015) analisaram amostras de solos coletados na bacia do Rio Preto e na microbacia do Rio Claro (afluente do Paranaíba) (homônima à estudada aqui) e também encontraram diferenças nos atributos físico-químicos dos solos, sugerindo que se devem às atividades antrópicas, em especial o manejo da pastagem com fogo. Tais resultados corroboram a presente interpretação, pois além do manejo do solo da pastagem em ambas, foram constatados vestígios de queimadas nos fragmentos da Sub-bacia do Rio Garças.

Considerando a vegetação lenhosa nos fragmentos amostrados, observou-se uma relação desta com os parâmetros abióticos analisados. Tal resultado segue o padrão de outras áreas de Cerrado (e.g., Ratter *et al.*, 2003; Reys *et al.*, 2013; Maracahipes Santos

et al., 2015, Soares *et al.*, 2015), uma vez que a distribuição espacial de espécies vegetais no presente estudo foi influenciada pela altitude, umidade, silte, matéria orgânica, pH e cálcio. No Cerrado, a relação entre variáveis abióticas e a vegetação tem sido discutida por alguns autores (e.g., Haridasan, 1987; Amorin e Batalha, 2008; Dantas e Batalha, 2011; Abreu *et al.*, 2012; Mendes *et al.*, 2012). De acordo com Janssens *et al.* (1998) a relação entre variáveis abióticas e a distribuição de espécies vegetais é esperada, principalmente se levar em consideração alguns nutrientes presentes no solo. No entanto, Haridasan (1987), ao descrever os solos distróficos de Cerrado, como os solos amostrados neste estudo, afirmou que estes partilham algumas características independentes da fitofisionomia, tais como a reduzida capacidade de troca catiônica, a baixa saturação por bases, a elevada saturação por alumínio, o baixo teor de nutrientes e o pH abaixo de 5. Isto está de acordo com o padrão registrado nas amostras coletadas.

Com a RDA observamos que *A. multiflorum*, *A. tomentosum*, *B. basiloba*, *C. langsdorffii*, *G. hirsuta*, *G. opposita*, *M. acutifolium*, *M. variabilis*, *P. confertiflora*, *P. emarginatus*, *R. montana* e *V. macrocarpa* correlacionaram negativamente com Matéria Orgânica, Ca, Silte e a altitude. Este padrão é esperado, uma vez que tais espécies são incomuns em áreas com elevada disponibilidade de nutrientes (Ratter *et al.*, 2003). Por outro lado, *A. cujabensis*, *A. coriacea*, *B. tomentosa*, *B. cocolobifolia*, *D. elliptica*, *D. hispida*, *D. aurantiaca*, *L. humilis*, *M. ferruginata*, *M. rostrata*, *P. ramiflora*, *P. myrtoides* e *T. vulgaris*, também caracterizadas como distróficas por Ratter *et al.* (2003), correlacionaram-se positivamente com o pH e umidade do ar. Similar aos resultados do presente estudo, os dados obtidos por Dantas e Batalha (2011) também assinalam relações entre a composição e estrutura florística de Cerrado *sensu stricto* e os parâmetros químicos de solo distrófico, com destaque para a Matéria Orgânica. Abreu *et al.* (2012) também encontraram relação entre Matéria Orgânica, Silte e Cálcio e a distribuição e composição da vegetação de Cerrado *sensu stricto* em solos distróficos.

Em síntese, os dados descritos no presente estudo caracterizam os parâmetros físico-químicos de solos distróficos encontrados na ABA e não revelam distinção entre os ambientes de pasto, borda e interior dos fragmentos, permitindo inferir homogeneidade dos Neossolos Quartzarênicos, ainda que em pequena escala. Por outro lado, constatou-se diferenças entre os parâmetros físico-químicos do solo entre as duas Sub-bacias estudadas, as quais podem estar associadas aos eventos de queimadas e de

manejo do solo. Adicionalmente, o estudo reforça a existência de uma relação entre a comunidade de espécies vegetais com os atributos do solo, através de um grupo de 25 espécies lenhosas.

Todavia, cabe ressaltar que tais informações são relevantes para se promover ações de conservação de áreas, sobretudo de restauração ecológica daquelas já perturbadas (Reys *et al.*, 2013), que devem levar em consideração as afinidades ou relações negativas entre as espécies de determinadas regiões e tais atributos, de modo a controlá-los quando necessário, para estabelecer determinados grupos de espécies com maior sucesso em determinadas áreas alvo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Doutorado concedida e pelo Projeto Universal n°. 479010-9 que financiou esta pesquisa. Aos Professores Drs. José Afonso Brod e Dra. Tereza Cristina Junqueira Brod pelo apoio logístico, à Prof. Dra. Gisele Menino pelo material identificado. À todos os colegas envolvidos com a coleta de dados: Prof^a Dra Karla M. S. Faria, Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes, aos Geógrafos Hellbia S. de Moreira, Lucas Espíndola e ao colaborador de campo Sebastião de Souza Silva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M.F.; Pinto, J.R.R.; Maracahipes, L.; Gomes, L.; Oliveira, E.A.; Marimon, B.S.; Marimon Junior, B.H.; Farias, J.; Lenza, E. 2012. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 35, 259-272
- Amorim, P.K.; Batalha, M.A. 2008. Soil chemical factors and grassland species density in Emas National Park (central Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 68: 279-285
- A.P.G. [= Angiosperm Phylogeny Group] III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linnean Soc.* 161: 105-121
- Askew, G.P.; Moffatt, D.J.; Montgomery, R.F.; Searl, P.L. 1970. Soil landscapes in north eastern Mato Grosso. *The Geographical Journal*, Vol. 136, No. 2, Jun., pp. 211-227

- Castro, S. S. de. 2005. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, 17: 38-60
- Cientec. 2010. Mata Nativa 3. Sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas. Viçosa - MG: Cientec - Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda
- Couto, E.G.; Chig, L.A.; Cunha, C.N.; Loureiro, M.F. 2006. Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 56 p
- Dantas, V.L.; Batalha, M.A. 2011. Vegetation structure: Fine scale relationships with soil in a cerrado site. *Flora*, 206: 341–346
- Didham, R.K.; Lawton, J.H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica* 31: 17-30
- Faria, K.M.S. ; Siqueira, M. N. ; Carneiro, G.T. ; Castro, S.S. 2012. Análise Geocológica da Conservação Ambiental das Sub-bacias do Rio Claro (GO) e do Rio Garças (MT). *Revista Nordestina de Ecoturismo*, v. 5, p. 113-118
- Faria, K.M.S. 2011. Paisagens fragmentadas e viabilidade de recuperação para a Sub-bacia do Rio Claro (GO). [manuscrito] Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, 194 p
- Faria, K.M.S; Castro, S.S. 2007. Uso da terra e sua relação com os remanescentes de cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS). *Geografia (Rio Claro)* 32, 657-668
- Felfili, J.M.; Felfili, M.C.; Nogueira, P.E.; Armas, J.F.S.; Farinas; M.R.; Nunes, M.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Fagg, C.W. 2008. Padrões fitogeográficos e sua relação com sistemas da terra no bioma Cerrado. In: Sano, S.M; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. 2008. *Cerrado: Ecologia e flora*. Brasília: Embrapa - Cerrados. Cap.5 p. 213-228
- Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. *R. Bras. Fisiol. Veg.*, 12 (1): 54-64
- Haridasan, M. 1987. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the Cerrado region of Central Brazil. In: San Jos, J.J., Montes, R. (eds.) *La Capacidad Bioproductiva de Sabanas*. I.V.I.C., Caracas, Venezuela. pp. 309 -348

- Hennenberg, K.J.D., Goetze, J.R., Szarzynski, B., Orthmann, B.R., Reineking, Steinke, I. Porembski, S. 2008. Detection of seasonal variability in microclimatic borders and ecotones between forest and savanna. *Basic and Applied Ecology* 9: 275-285
- Hermuche, P.M., Guimaraes, G.M.A.; Castro, S.S. 2009. Análise dos compartimentos morfoedológicos com subsídio ao planejamento do uso do solo em Jataí-GO. *GEOUSP – Espaço e Tempo*, (26): 113-131
- Janssens, F., Peters, A., Tallowin, J.R.B., Bakker, J.P., Bekker, R.M., Fillat, F.; Oomes, M.J.M., 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant Soil*, vol. 202: 69-78
- Klink, C.A.; Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado Brasileiro. *Revista Megadiversidade*. Volume 1/nº 1/Julho
- Laurance, W.F., Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G.; Andrade, A.; Ewers, R.M.; Harms, K.E.; Luizão, R.C.C.; Ribeiro, J.E. 2007. Habitat Fragmentation, Variable Edge Effects, and the Landscape-Divergence Hypothesis. *PLoS ONE*. October: Issue 10, e1017
- Legendre, P.; Legendre, L., 1998 *Numerical ecology*, 2nd English edn. Elsevier, Amsterdam
- Lindoso, G.S.; Felfili, J.M. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em Neossolo Quartzarênico. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, jul: p. 102-104
- Maracahipes Santos, L.; Lenza, E.; Dos Santos, J.O. ; Marimon, B. S.; Eisenlohr, P.V. Marimon Junior, B.H. ; Feldpausch, T.R. 2015. Diversity, floristic composition, and structure of the woody vegetation of the Cerrado in the Cerrado-Amazon transition zone in Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica (Impresso)*, v. 38, p. 877-887
- Martinelli G.; Moraes M.A. 2013. *Livro vermelho da flora do Brasil*- 1. ed. - Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1100 p
- Moreno, M.I.C.; Schiavini, I; Haridasan, M. 2008. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do cerrado. *Caminhos de Geografia Uberlândia* v. 9, n. 25 Mar, p. 173 – 194.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree*: V 10, nº 2. February

- Nunes, E. D.; Castro, S.S. 2015. Compartimentação morfopedológica aplicada à distribuição de padrões espaciais de processo erosivo em solos frágeis – Município de Mineiros, GO. *In: Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade / Selma Simões de Castro, Luís Carlos Hernani, Editores. Brasília, DF : Embrapa, p. 293-324*
- Pessoa de Sousa, M.A.; Almeida, R.T.S.; Neves, C. M. N., Castro, J. P. V.; Castro S. S. Comportamento químico de Neossolos Quartzarênicos em Mineiros, sudoeste goiano São Paulo, UNESP, Geociências, v. 34, n. 3, p.335-347
- Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F.; Bridgewater, S. 1997. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany* 80: 223±230
- Ratter, J., Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60: 57-109
- Reatto, A.; Correia, J.R.; Spera, S.T.; Martins, E.S. 2008. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. *In: Sano, S.M; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. 2008. Cerrado: Ecologia e flora. Brasília: Embrapa - Cerrados. Cap.5 p. 107-149*
- Reys, P.; Camargo, M.G.G.; Grombone-Guaratini, M.T.; Teixeira, A.P.; Assis, M.A.; Morellato, L.P.C. 2013. Estrutura e composição florística de um Cerrado sensu stricto e sua importância para propostas de restauração ecológica. *Hoehnea*, 40 (3): 449 – 464
- Ribeiro, J.F.; Walter, B.T. 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In: Sano, S.M; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. 2008. Cerrado: Ecologia e flora. Brasília: Embrapa - Cerrados. Cap.6 p. 151-212*
- Sales, L.E.O.; Carneiro, M.A.C.; Severiano, E.C.; Oliveira, G.C.; Ferreira, M.M. 2010. Qualidade física de neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. *Ciênc. agrotec., Lavras*, v. 34, n. 3, p. 667-674, maio/jun
- Sampaio, A. B.; Scariot, A. 2011. Edge effect on tree diversity, composition and structure in a deciduous dry forest in Central Brazil. *Revista Árvore*, v.35, n.5, p.1121-1134
- Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S.; Ferreira, L.G. 2008. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, v.43, n.1, p.153-156, jan

- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Lumberras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A.; Cunha, T.J.F.; Oliveira, J.B. 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 353 p
- Scopel, I.; Peiximo, D.M.; Souza, M.S.; Mariano, Z.F.; Assunção, H.F. 2005. Formação de areais e perspectivas de uso e manejo de Neossolos Quartzarênicos em Serranópolis (GO). Boletim Goiano de Geografia Goiânia, v. 25 n. 1-2 p. 11-27 jan./dez
- Oliveira, P.E.A.M. 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. *In*: Sano, S.M; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. 2008. Cerrado: Ecologia e flora. Brasília: Embrapa - Cerrados. Cap.6 p. 273 - 290
- Siqueira, M.N. 2012. Avaliação geocológica do processo de fragmentação dos remanescentes de cerrado na Sub-bacia do rio das Garças (MT). [manuscrito] Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, 2012, 135 p
- Soares, M.P.; Reys, P.; Pifano, D.S.; de Sá, J.L.; Silva, P.O.; Santos, T.M.; Silva, F.G. 2015. Relationship between Edaphic Factors and vegetation in Savannas of the Brazilian Midwest Region. R. Bras. Ci. Solo, 39:821-829
- Spera, S.T.; Reatto, A.; Martins, E.S.; Correia, J.R.; Cunha, T.J.F. 1999. Solos arenos-quartzosos no Cerrado: características, problemas e limitações de uso. Planaltina: Embrapa Cerrados. 48 p
- Team, R. 2013. R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing
- Walter, B.M.T.; Carvalho, A.M.; Ribeiro, J.F. 2008. O conceito de Savana e de seu componente Cerrado. *In*: Sano, S.M; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. 2008. Cerrado: Ecologia e flora. Brasília: Embrapa - Cerrados. Cap.6 p. 19-45
- Zonta, E.; Brasil, F.C.; Goi, S.R.; Rosa, M.M.T. 2006. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. *In*: Fernandes, M.S. (Ed.). Nutrição Mineral das Plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 7-52.

5. CONCLUSÃO

Os resultados da presente pesquisa registram uma elevada diversidade de espécies lenhosas na Alta Bacia do Rio Araguaia e uma elevada perda de habitat natural. Mas, não apontam uma relação entre perda de área de fragmentos e riqueza de espécies, conforme registrado no arcabouço teórico das consequências da fragmentação e perda de habitat. Recentemente, um novo viés das pesquisas em ecologia de paisagem chama a atenção para a controversa relação do tamanho do fragmento explicar o declínio da biodiversidade, ressaltando que outros processos podem estar relacionados com as respostas da biodiversidade, como o débito de extinção, débito de serviços ecossistêmicos e atraso de imigração, fatores que não foram investigados nesta linha de pesquisa.

Os fragmentos estudados apresentam-se numa mesma região fitogeográfica e, apesar de distâncias consideráveis entre eles, a similaridade florística foi predominante, independente da posição e distância geográfica dos mesmos. Essa similaridade florística também ocorreu dentro dos fragmentos, independente se o ambiente era de borda ou área central. Contudo, os parâmetros abióticos mostraram-se distintos apenas entre as Sub-bacias e, as variáveis que apresentaram variações (Ca/CTC e Ca/K) estão especialmente relacionadas com a disponibilidade de nutrientes no solo, com exceção da temperatura do ar que também variou. A pesquisa infere que tais variações foram em decorrência de fatores antrópicos, pois os solos de ambas as sub-bacias são os mesmos e estão sobre os mesmos materiais de origem, descartando os fatores naturais como os responsáveis. Outra questão relevante foi a constatação de que a distribuição espacial de 25 espécies vegetais foi influenciada pela altitude, umidade, silte, matéria orgânica, pH e cálcio.

De maneira geral tem-se que, áreas superiores a 50 ha em ambientes de Cerrado Denso são habitats que sustentam uma biodiversidade relevante. No entanto, temos que se alterações antrópicas persistirem dentro e no entorno de tais fragmentos, podemos ter alterações dos grupos de espécies presentes nos mesmos, haja vista que a relação foi maior entre solo – espécie do que entre espécie – área. Desta forma, é necessário investigar não apenas a quantidade, mas a qualidade do habitat, com especial atenção para as alterações induzidas pelo homem.