

Pedro Paulo Ferreira Silva

**REGENERAÇÃO NATURAL E RELAÇÕES AMBIENTAIS EM UM
REMANESCENTE DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO
PARQUE ESTADUAL DO PAU FURADO, UBERLÂNDIA, MG.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Uberlândia como parte das exigências para
obtenção do título de Mestre em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais.

Orientador
Prof. Dr André R. Terra Nascimento

Uberlândia
Fevereiro - 2011

Pedro Paulo Ferreira Silva

**REGENERAÇÃO NATURAL E RELAÇÕES AMBIENTAIS EM UM
REMANESCENTE DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO
PARQUE ESTADUAL DO PAU FURADO, UBERLÂNDIA, MG.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia como parte das exigências para
obtenção do título de Mestre em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais.

Prof. Dr. Glein Monteiro de Araújo
Instituto de Biologia - UFU

Dr. Daniel Luís Mascia Vieira
EMBRAPA - CENARGEN

Prof. Dr. André R. Terra Nascimento
Instituto de Biologia - UFU
(Orientador)

Uberlândia
Fevereiro - 2011

Dedico à minha família:
Pai, Mãe, Pat e Manoel
E à minha namorada:
Flavianne.

Agradecimentos

Agradeço...

Ao meu Orientador André Terra, pela dedicação com o nosso trabalho, paciência em ensinar sempre, disposição para o campo de madrugada, por perder as suas férias me ajudando, por sempre confiar na minha capacidade. Aprendi muito sobre a vida nesse nosso tempo de convivência. Muito Obrigado!

Ao Prof. Dr. Glein Monteiro de Araújo pela ajuda na identificação das espécies, pelas dicas durante os dois anos de mestrado e por aceitar o convite de participar da banca examinadora

Ao Dr. Daniel Luis Mascia Vieira pelas dicas e por ter aceitado o convite participar da banca examinadora;

Ao Prof. Dr. Ivan Schiavini pelo auxílio na identificação do material botânico e por sempre me atender com tanta dedicação e presteza;

À Profa. Dra. Natalia O. Leiner pela revisão do Abstract e pelo auxílio com o inglês.

Aos professores da Pós em Ecologia, pelas disciplinas ministradas que foram muito importantes para a minha formação;

Ao Instituto de Biologia e à UFU pela estrutura e o apoio durante a pesquisa, principalmente as secretárias (Helena, Luiza e Nívea) pela paciência com as minhas marcações e desmarcações de carro para o campo;

A secretária da Pós Graduação Ecologia e Recursos Naturais (UFU) Maria Angélica, profissional muito competente, pela paciência e rapidez em me atender;

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de mestrado e pela utilização dos equipamentos de medição (Convênio CRA 2851); sem a qual, com certeza, a nossa pesquisa se tornaria mais difícil;

A minha família, meus pais Pedro e Elci, meus irmãos Manoel Victor e Patrícia e minha prima Melina pelo apoio constante, confiança no meu trabalho e por estarem sempre por perto nos momentos que eu mais precisei;

A minha namorada Flavianne, pelo amor incondicional e por sempre confiar em mim, nos momentos que nem eu confiava. Só você sabe o quanto me estressei com essa dissertação. Muito Obrigado pela paciência. Te amo muito e essa vitória é sua também;

Aos alunos que me ajudaram no interminável campo (Não foi fácil!): Gustavo, Bárbara, Gastão, Isabela, Lucas (Poxete), Hudson, Aelton, Alface, Bárbara, Marcelo;

Aos Amigos do Leve: Maca, Olavo, Shimitin Serginho, Ana Paula, Jamir, Carol, Renata, que me acolheram tão bem e sempre me auxiliaram com dicas preciosas: Fizemos muitas farras nesses dois anos, piadas, situações ilógicas. É muito bom conviver com vocês. Obrigado!

Ao IEF, na pessoa do Érick Almeida Silva (Gerente do Parque Estadual do Pau Furado), pela autorização para a realização dessa pesquisa no Parque.

Aos meus amigos de Estrela (Marquinho, Renato, Cassiano etc) companheiros de cerveja e de bons papos, sempre me chamando pra ir pra Estrela dar um tempo de Uberlândia;

Aos meus amigos de Uberlândia (Thiago, Eduardo, Katymilla, Nadia etc) sempre dispostos a conversar e tomar umas geladas pra arejar a cabeça;

A Deus pela oportunidade e pela proteção constante;

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram chegar até aqui, vocês também fazem parte dessa vitória.

ÍNDICE

RESUMO GERAL	x
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
CAPÍTULO 1	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	10
MATERIAIS E MÉTODOS	12
RESULTADOS	18
DISCUSSÃO	27
CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPÍTULO 2	39
RESUMO.....	40
ABSTRACT	41
INTRODUÇÃO	42
MATERIAIS E MÉTODOS	44
RESULTADOS	53
DISCUSSÃO	63
CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1: Densidade (Indivíduos/hectare) e Frequência da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	20
---	----

CAPÍTULO 2:

Tabela 1: Estimativas das variáveis biofísicas do dossel para as estações chuvosa e seca da regeneração natural de um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	53
--	----

Tabela 2: Sumário da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para as estações seca e chuvosa para a classe I (4m ²) da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	58
---	----

Tabela 3: Sumário da Análise de Correspondência Canônica (CCA) nas estações seca e chuvosa para a classe II (100 m ²) da regeneração natural de um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	58
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1:

Figura 1: Área de estudo - Fragmento de floresta estacional decidual localizado no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.	14
Figura 2: Classes estabelecidas para a mensuração da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	15
Figura 3: Esquema da amostragem aleatória da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	16
Figura 4: Ordenação pelo método DECORANA das 40 parcelas da classe I (4 m ²) na regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	22
Figura 5: Ordenação pelo método DECORANA das 40 parcelas da classe II (100 m ²) na regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	23
Figura 6: Curva de rarefação das espécies com o estimador Chao 1 (A) e Jackknife 1 (B) na classe I (4 m ²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.	25
Figura 7: Curva de Rarefação das espécies com o estimador Chao 1 (A) Jackknife 1 (B) na classe II (100m ²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.	26

CAPÍTULO 2:

Figura 1: Área de estudo - Fragmento de floresta estacional decidual localizado no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.	46
Figura 2: Classes estabelecidas para a mensuração da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	47
Figura 3: Esquema da amostragem aleatória da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	Erro! Indicador não definido. 48
Figura 4: Box plots das estimativas de Abertura de Dossel (A) e Índice de Área Foliar (B) entre a estação chuvosa e seca para regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia. MG.....	54

Figura 5: Análise de Correspondência Canônica para a classe I (4m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dados da estação chuvosa de Março de 2010. As espécies estão representadas por siglas (quatro primeiras letras do gênero e três primeiras do epíteto específico). (Cobertura do solo; Bambu = cobertura por bambu; Abertura = abertura do dossel; G = área basal; Rochosidade, H Dossel = altura do dossel; Declividade). 59

Figura 6: Análise de Correspondência Canônica para a classe I (4m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dados da estação seca de Agosto de 2010.. As espécies estão representadas por siglas (quatro primeiras letras do gênero e três primeiras do epíteto específico). (Cobertura do solo; Bambu = cobertura por bambu; Abertura = abertura do dossel; G = área basal; Rochosidade, H Dossel = altura do dossel; Declividade). 60

Figura 7: Análise de Correspondência Canônica para a classe II (100 m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dados da estação chuvosa de Março de 2010. As espécies estão representadas por siglas (quatro primeiras letras do gênero e três primeiras do epíteto específico). (Cobertura do solo; Bambu = cobertura por bambu; Abertura = abertura do dossel; G = área basal; Rochosidade, H Dossel = altura do dossel; Declividade). 61

Figura 8: Análise de Correspondência Canônica para a classe II (100 m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dados da estação seca de agosto de 2010. As espécies estão representadas por siglas (quatro primeiras letras do gênero e três primeiras do epíteto específico). (Cobertura do solo; Bambu = cobertura por bambu; Abertura = abertura do dossel; G = área basal; Rochosidade, H Dossel = altura do dossel; Declividade). 62

RESUMO GERAL

O presente trabalho trata da regeneração natural e a influência das variáveis ambientais e biofísicas do dossel sobre a densidade das espécies e sua distribuição ao longo de um remanescente de floresta estacional decidual sobre afloramento basáltico na região do Triângulo Mineiro, MG. Foi elaborada uma introdução geral, onde foram discutidos os aspectos de perda da biodiversidade devido à ação antrópica (desmatamentos, agricultura, etc.) mostrando a importância das formações florestais para o Brasil, a diversidade de fitofisionomias florestais no Cerrado e a importância das florestas estacionais deciduais. Em seguida, após a contextualização, a dissertação foi dividida em dois capítulos. No primeiro capítulo foi realizado um levantamento do componente da regeneração natural em parcelas aleatórias na área e divididas em duas classes de amostragem. Foram calculadas a densidade e frequência de todas as espécies e as médias de espécies e indivíduos por parcela. Foi realizada uma ordenação das espécies em relação à densidade e foram elaboradas curvas de rarefação considerando estimadores não paramétricos. No segundo capítulo, foram coletadas as variáveis ambientais e biofísicas do dossel (abertura do dossel, área basal, rochosidade, declividade, cobertura do solo, cobertura por bambu, e altura do dossel) e correlacionadas com a densidade de espécies através da análise de correspondência canônica. Foram calculadas as médias de abertura do dossel e IAF (índice de área foliar) e comparadas entre as estações chuvosa e seca. A regeneração natural para as duas classes de amostragem mostrou semelhança no número de espécies em relação a outras FED, com a dominância da espécie *Anadenanthera colubrina*, mostrando uma alta regeneração e um grande potencial silvicultural da espécie. Os estimadores não paramétricos apresentaram diferenças entre si, mas no geral, a suficiência amostral foi satisfatória. As espécies se agruparam de maneira similar para as duas classes, principalmente aquelas características de FED. As variáveis ambientais estão correlacionadas com densidade de espécies, mostrando sua influência sobre a distribuição das espécies ao longo da FED, formando gradientes ambientais, principalmente influenciadas pela rochosidade e declividade nas duas estações do ano e pela abertura do dossel na estação seca. A sazonalidade climática do Cerrado impõe adaptações às plantas, e a presença de luz intensa na estação seca em FED parece ser um fator ambiental determinante. Os resultados apresentam contribuições importantes para a conservação das florestas estacionais deciduais no Brasil Central, mostrando a influência das variáveis ambientais na regeneração natural da comunidade vegetal e a importância desse entendimento para os planos de manejo e conservação em unidades de conservação e para a restauração ecológica de ambientes degradados.

Palavras-chave: floresta estacional decidual, regeneração natural, variáveis ambientais.

ABSTRACT

The aim of the present paper was to investigate natural regeneration of an arboreal community and the influence of environmental and canopy variables on species density and distribution along a deciduous forest remnant in the Triangulo Mineiro, region, MG. We elaborated a general introduction, in which aspects of biodiversity loss due to human actions (deforestation, agriculture) are discussed and the importance of different physiognomies in the Brazilian cerrado, especially deciduous forests, are pointed out. Following this theoretical background, we present two chapters. The first one discusses a survey of arboreal natural regeneration carried out in random plots subdivided into two sampling classes. We calculated species density, frequency and the mean number of species and individuals per plot. An ordination analysis of species according to density was performed, and we also constructed rarefaction curves based on nonparametric estimators. Natural regeneration for both sampling classes was very similar in number of species to other deciduous forests, with *Adadenanthera colubrina* as the dominant species, indicating a high regeneration and silvicultural potential. Nonparametric estimators presented differences among them, but in general, rarefaction curves tended towards stabilization, suggesting we sampled a representative part of the arboreal community. In the second chapter, several environmental and canopy variables (canopy openness, basal area, rock cover, soil cover, bamboo cover, canopy height and declivity) were correlated to species density through a canonical correspondence analysis. Mean canopy openness and LAI (leaf area index) were compared between wet and dry seasons, and we found significant differences between them. Our results demonstrated that environmental variables, especially rock cover, declivity and canopy openness, were correlated to species density, influencing their distribution along the forest remnant and creating environmental gradients. Climate seasonality in the cerrado imposes environmental pressures to plants, and the presence of intense light during the dry season in deciduous forests seems to be a determinant factor. In general, our results provide important contributions to deciduous forest conservation in central Brazil, demonstrating the influence of environmental variables in natural regeneration of arboreal communities and the importance of this knowledge to management plans and restoration of degraded habitats.

Key-words: Seasonal deciduous forest, natural regeneration, environments variables.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um país megadiverso, com diversos biomas, e a presença de áreas de transição que favorece uma alta biodiversidade e um expressivo grau de endemismo. Dessa forma, surge a necessidade de elencar áreas prioritárias de conservação, os chamados *hot spots*, determinadas pelo alto índice de endemismo e o risco de sua destruição. Dentre esses *hot spots* encontra-se o bioma Cerrado (Myers *et al.* 2000). O Cerrado está situado na região do Brasil central, apresentando um mosaico de fitofisionomias, desde formações campestres com predomínio de gramíneas e árvores isoladas (campos limpos, campos de altitude) até formações arbóreas com uma maior presença de árvores de grande porte como as florestas de galeria e estacionais (Eiten, 1972; Ribeiro & Walter, 2008).

As formações florestais no Cerrado parecem estar distribuídas seguindo duas vertentes: aquelas associadas aos cursos d'água geralmente em solos mais úmidos e as associadas aos solos mais ricos. As formações florestais associadas aos cursos d'água são a mata ciliar e mata de galeria e as formações que ocorrem nos interflúvios em terrenos bem drenados e com solos ricos são os cerradões (mesotróficos) e as matas secas (floresta estacional decidual) (Ribeiro & Walter, 2008).

A fragmentação de habitats no Cerrado tornou-se um dos mais sérios problemas ecológicos da atualidade, pois isola os ambientes impedindo o fluxo gênico entre as formações florestais. No bioma Cerrado da região Centro-Oeste, um grande número de espécies está sendo perdida antes mesmo de serem conhecidas pela ciência, ao mesmo tempo em que o fragmento de vegetação natural já fazem parte de uma nova realidade desta região (Bourlegat, 2003). Este processo também é observado na

região do Triângulo mineiro, onde a maior parte dos remanescentes de florestas estacionais decíduais é composta de fragmentos isolados por pastagens e áreas agrícolas.

Diante desta realidade, apesar da dificuldade, o ideal para a conservação seria contemplar grandes reservas. Entretanto, em áreas onde a destruição do habitat tem sido tão extensa, como no domínio das florestas estacionais decíduais, grandes reservas não são mais possíveis, e assim as reservas pequenas podem complementar redes locais ou regionais de reservas. A compreensão dos padrões e processos ecológicos ocorrendo nos fragmentos florestais é crucial para o manejo e conservação da biodiversidade neles contidas, já que esse conhecimento auxiliará na determinação do papel desempenhado pelos fragmentos de distintos tamanhos para o desenho, planejamento e manejo de reservas (Scariot & Sevilha, 2000).

Considerando esse cenário brasileiro de degradação e fragmentação das formações florestais no Cerrado, as florestas estacionais decíduais representam um ecossistema que sofre uma alta pressão antrópica para a expansão da pecuária (implantação de pastagens) e a extração de espécies madeiráveis de importância econômica como *Myracrodruon urundeuva*, *Tabebuia impetiginosa*, *Cedrela fissilis*, dentre outras (Felfili 2003; Nascimento *et al.* 2004). As florestas estacionais decíduais estão entre os ambientes florestais mais ameaçados pela ação antrópica, que podem levar a uma mudança completa nesse ecossistema. Áreas contínuas de florestas estacionais decíduais são praticamente inexistentes, ocorrendo somente em algumas unidades de conservação federais, sendo a maior parte encontrada na forma de fragmentos isolados em propriedades rurais e ambientes urbanos (Scariot & Sevilha, 2005).

As florestas estacionais decíduais estão distribuídas em áreas disjuntas dos Neotrópicos, apresentando uma maior deciduidade das espécies arbóreas na estação seca, sendo que nessa época, mais de 50% das espécies perdem suas folhas para a diminuição da transpiração, já que não existe água em abundância. É muito comum a presença de espécies com flores vistosas e sementes dispersas pelo vento, diferentemente do que ocorre em florestas tropicais úmidas. No nível do solo, a cobertura vegetal é esparsa, constituindo-se principalmente de poucas gramíneas e algumas espécies das famílias Bromeliaceae, Compositae, Malvaceae e Marantaceae. (Pennington *et al.* 2000).

As florestas estacionais decíduais possuem uma menor área basal e porte inferior comparadas às florestas tropicais úmidas, os processos ecológicos são fortemente sazonais, sendo a produtividade primária líquida inferior na floresta estacional decidual, pois o crescimento vegetal se concentra na estação chuvosa. Os processos de floração e frutificação também são sazonais e muitas espécies florescem na transição entre a estação seca e chuvosa, momento em que a maioria das espécies do dossel estão sem folhas (Pennington *et al.* 2000).

As espécies com maior densidade encontradas em comunidades arbóreas das florestas estacionais decíduais em afloramento basáltico na região do Triângulo mineiro são *Myracrodruon urundeuva*, *Anadenanthera colubrina*, *Tabebuia* spp., *Celtis iguanaeae*, dentre outras (Araújo *et al.* 1997; Souza *et al.* 2007; Siqueira *et al.* 2009). As famílias mais representativas em muitas florestas estacionais decíduais neotropicais são Fabaceae e Bignoniaceae, que também ocorrem frequentemente em florestas tropicais úmidas (Gentry, 1995).

Estudos sobre a regeneração natural são de fundamental importância para entender a dinâmica da comunidade arbórea, já que podem auxiliar no manejo e na

silvicultura das espécies que irão compor comunidade no futuro e também contribuir para a compreensão dos processos de substituição dos indivíduos adultos por indivíduos jovens ao longo do tempo (Rozendaal *et al.* 2010). Neste sentido, a compreensão dos mecanismos da regeneração pode servir de subsídios para o manejo e a conservação de populações de interesse econômico/silvicultural e de comunidades, tendo em vista o seu potencial de utilização em longo prazo.

Proposta da dissertação

Para um melhor entendimento do presente trabalho e uma melhor organização das idéias, o mesmo foi dividido em dois capítulos:

- No **Capítulo 1** foi avaliada a regeneração natural de uma floresta estacional decidual, analisando a densidade e diversidade, com a utilização de estimadores de riqueza e ordenação quantitativa para as duas classes da vegetação determinadas.

- No **Capítulo 2** foi medida a abertura do dossel e IAF e investigadas as relações ecológicas entre a densidade das espécies arbóreas e as variáveis ambientais e biofísicas do dossel.

Este estudo parte da premissa que a distribuição das espécies arbóreas na comunidade é influenciada pela heterogeneidade ambiental imposta pelas variáveis ambientais e biofísicas do dossel em condições de floresta estacional decidual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, G.M.; Rodrigues, L.A.; Ivizi, L. 1997. Estrutura fitossociológica e fenologia de espécies lenhosas de mata decídua em Uberlândia, MG. In: Leite, L.L.; Saito, C.H. (orgs.) **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Anais do III Congresso de Ecologia do Brasil. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília. p.22-28

Bourlegat, C. A. L. 2003. A fragmentação da vegetação natural e o paradigma do desenvolvimento rural. In: Costa, R.B. (org.) **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste**. UCDB, Campo Grande, MT. p.1-25.

Eiten, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review** 38 (2): 201-341.

Felfili, J. M. 2003. Fragmentos de florestas estacionais do Brasil Central: diagnóstico e proposta de corredores ecológicos. In: Costa, R.B. (org.) **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste**. UCDB, Campo Grande, MT. p.139-174.

Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In: Bullock, S.H.; Mooney, H.A.; Medina, E. (eds.) **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge University Press, Cambridge. p.146–194.

Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; da Fonseca, G. A. B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853–858.

Nascimento, A. R. T.; Felfili, J. M.; Meirelles, E. M. 2004. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 18 (3): 659-669.

Pennington, R.T.; Prado, D.E.; Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography** 27: 261-273.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.) **Cerrado: ecologia e flora**, EMBRAPA – CPAC, Planaltina. p. 153-212.

Rozendaal, D.M.A; Soliz-Gamboa, C.C.; Zuidema, P.A. 2010. Timber yield projections for tropical tree species: The influence of fast juvenile growth on timber volume recovery. **Forest Ecology and Management** **259**: 2292–2300

Scariot, A.; Sevilha, A. C. 2000. Diversidade, estrutura e manejo de florestas decíduais e as estratégias para a conservação. In: T. B. Cavalcanti; B. M. T. Walter (orgs.). **Tópicos Atuais em Botânica**. Embrapa/Cenargen, Brasília, DF. p. 183-188.

Scariot, A. & Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. In: Scariot, A.; Felfili, J.M.; Sousa-Silva, J.C. (eds.) **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p.123–139.

Souza, J.P.; Araújo, G.M.; Haridasan, M. 2007. Influence of soil fertility on the distribution of tree species in a deciduous forest in the Triângulo Mineiro region of Brazil. **Plant Ecology** **191**: 253-263.

Siqueira, A.S.; Araújo, G.M.; Schiavini, I. 2009. Estrutura do componente arbóreo e características edáficas de dois fragmentos de floresta estacional decidual no vale do rio Araguari, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **23 (1)**: 10-21.

CAPÍTULO 1

REGENERAÇÃO NATURAL DA COMUNIDADE ARBÓREA EM UM REMANESCENTE DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM UBERLÂNDIA, MG

FEVEREIRO - 2011

RESUMO

A regeneração natural é um processo fundamental para a sobrevivência e manutenção das formações vegetais naturais, principalmente em ambientes florestais tropicais, onde a dinâmica sucessional é intensa. O objetivo do presente trabalho foi analisar a estrutura da comunidade arbórea e investigar sobre a existência de padrões ecológicos na regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual (FED) localizado no Triângulo Mineiro. O presente estudo foi realizado em uma FED situado no Parque Estadual do Pau Furado em Uberlândia, Minas Gerais. Para a amostragem da regeneração natural foram alocadas 40 parcelas de 10 x 10 m subdivididas em sub-amostras de 2 x 2 m. Os indivíduos da comunidade arbórea com altura entre 20 centímetros e 1 metro foram mensurados em amostras de 2 x 2 m (4m²) (Classe I) e os indivíduos entre 1 metro de altura de 5 centímetros de diâmetro à altura do peito (DAP) foram mensurados em amostras de 10x10m (100m²) (Classe II). A análise da comunidade arbórea em regeneração natural foi efetuada com base nas estimativas de densidade e frequência das espécies nas parcelas de 4 m² e de 100 m². Foi realizada a ordenação das espécies por parcela, uso de estimadores não paramétricos e foram construídas curvas de rarefação das espécies por parcela. Considerando a classe I, foram amostrados 237 indivíduos, distribuídos em 33 espécies 26 gêneros e 18 famílias. As espécies com maior densidade foram *Anadenanthera colubrina* Brenan, *Campomanesia velutina* O.Berg., *Tabebuia roseoalba* Sandwith e *Erythroxylum deciduum*. Na regeneração natural da classe II (100 m²), foram encontrados um total de 1574 indivíduos pertencentes a 53 espécies, 43 gêneros e 24 famílias. Na classe I as principais famílias foram Fabaceae, Bignoniaceae e Myrtaceae enquanto na classe II foram Fabaceae, Rubiaceae e Meliaceae. O estimador não paramétrico Jacnife, mostra uma clara tendência à estabilização mostrando a efetividade da amostragem. A regeneração natural da comunidade arbórea está dentro das estimativas encontradas em remanescentes de FED. A maior parte das espécies arbóreas (N=54) se posicionou com baixos valores para os dois eixos da ordenação, denotando um padrão de distribuição consistente com este tipo de vegetação, onde as espécies características de FED se agruparam. A utilização de distintas classes e de estimadores de riqueza não paramétricos para a descrição de elementos da diversidade e da intensidade amostral apresentaram resultados pertinentes, amostrando a maior parte da riqueza de espécies da comunidade arbórea.

Palavras-chave: Espécies arbóreas, estimadores de riqueza, fitossociologia, florestas secas.

ABSTRACT

Natural regeneration is a crucial process involved in the survival and maintenance of natural vegetation, especially in tropical forests, due to the intensity of succession dynamics. The aim of this paper was to evaluate the arboreal community structure in a deciduous forest remnant located in the Pau Furado State Park (Triângulo Mineiro region, Uberlândia, Brazil), focusing on the investigation of natural regeneration patterns. Sampling was conducted in 40 plots of 10 x 10 m, subdivided into two sampling classes. Individuals ranging from 20 cm to 1 meter were measured in plots of 2 x 2 m (4m²) (Class I), while individuals taller than 1 meter and with diameter at breast height larger than five inches were evaluated in plots of 100m² (Class II). Species density and frequency in plots belonging to classes I and II were used to analyze the natural regeneration of the arboreal community. Species were organized per plot and we constructed species rarefaction curves using non parametric estimators. In class I plots, we surveyed 237 individuals, distributed in 33 species, 26 genera and 18 families. *Anadenanthera colubrina* Brenan, *Campomanesia velutina* O.Berg, *Tabebuia roseoalba* Sandwith and *Erythroxylum deciduum* were the commonest species. In class II plots, we sampled 1574 individuals belonging to 53 species, 43 genera and 24 families. Fabaceae, Bignoniaceae and Myrtaceae were the most important families in class I plots, while Fabaceae, Rubiaceae and Meliaceae dominated class II plots. The nonparametric Jackknife estimator presents a clear trend toward stabilization, pinpointing sampling effectiveness. Most arboreal species (n=54) were positioned along low values of the two ordination axes, forming a large group in the graph. This distribution pattern is consistent with other studies in deciduous forests. By using distinct sampling classes and nonparametric richness estimators to describe diversity we were able to sample a representative part of the natural regeneration arboreal community and present pertinent results.

.

Key-words: Tree species, Richness estimators, phytossociology, Dry forests.

INTRODUÇÃO

A área original das formações florestais secas representava cerca de 42% da cobertura florestal da região neotropical, geralmente presentes em ambientes com duas estações bem definidas, uma chuvosa e uma seca. Essas formações vegetais ocorrem na forma de áreas disjuntas predominantemente caducifólias com a perda de folhas em mais de 50% dos indivíduos do dossel durante a estação seca (Murphy & Lugo 1986; Veloso *et al.* 1991; Gentry, 1995; Pare *et al.* 2009).

As florestas estacionais decíduais (FED) indiscutivelmente estão entre os ecossistemas mais ameaçados dentre as florestas tropicais (Janzen, 1988; Saha & Howe, 2003). Essas formações vegetais neotropicais encontram-se naturalmente fragmentadas no interior do extenso bioma Cerrado e juntamente com as florestas estacionais semidecíduais cobriam cerca de 20 % desse bioma (Oliveira-Filho *et al.* 1998; Pennington *et al.* 2000; Vieira & Scariot, 2008).

Nos últimos dois séculos, as florestas estacionais decíduais foram submetidas a diferentes regimes de perturbação e restritas a pequenos fragmentos isolados, principalmente pelo uso indiscriminado de madeira, pela pecuária extensiva e pelo uso do fogo. As perturbações antrópicas representam uma séria ameaça à biodiversidade, principalmente em áreas onde o processo de fragmentação encontra-se bastante acentuado (Turner, 1996).

Nesse sentido, os diferentes aspectos da regeneração natural, como banco de sementes, banco de plântulas, brotação e dispersão podem influenciar na dominância ou sucesso das espécies nas comunidades sucessionais (Kennard *et al.* 2002). Neste sentido, a compreensão dos processos e mecanismos que envolvem a regeneração natural em florestas tropicais pode auxiliar o entendimento da estrutura e composição da floresta no futuro (Pare *et al.* 2009; Ceccon *et al.* 2006, Vieira & Scariot, 2006).

Os mecanismos de regeneração natural em florestas estacionais decíduais ainda são pouco conhecidos, sendo que comumente são utilizados os resultados de florestas tropicais úmidas. Essa utilização é uma incoerência, pois essas duas formações vegetais apresentam mecanismos de regeneração natural distintos, principalmente quanto à tolerância à luz das plântulas e os processos de rebrota (tocos, raízes) dos indivíduos na comunidade (Vieira & Scariot, 2006).

Diante da grande perda de cobertura vegetal em florestas estacionais decíduais, uma alternativa para a diminuição da pressão antrópica seria a promoção de alternativas econômicas, como a produção de madeira (Villegas *et al.* 2009). O recrutamento das espécies madeiráveis é um momento crítico para a garantia da regeneração natural e da continuidade da utilização do potencial silvicultural das espécies a longo prazo, favorecendo o manejo sustentável da floresta em uma maior escala de tempo (Pariona *et al.* 2003; Toledo-Aceves *et al.* 2009). O estudo sobre a regeneração natural e a ecologia das plântulas pode também fornecer opções para o manejo e conservação florestal através da melhoria nos processos de recrutamento, estabelecimento e crescimento das espécies desejadas (Mwavu & Witkowski 2009).

Neste sentido o objetivo do presente trabalho foi analisar a estrutura, densidade e o agrupamento das espécies na regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual (FED) localizado no Triângulo Mineiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O presente estudo foi realizado em um remanescente de floresta estacional decidual (FED) com aproximadamente 40 ha situado no Parque Estadual do Pau Furado (18°48'S e 48°10'O) no município de Uberlândia, Minas Gerais (Figura 1). O Parque Estadual do Pau Furado possui uma área total de 2,2 mil hectares, situado nos municípios de Uberlândia e Araguari. Essa unidade de conservação abriga remanescentes importantes do bioma Cerrado, sendo a primeira UC dessa categoria localizada no Triângulo Mineiro, uma das regiões mais atingidas pelo desmatamento em Minas Gerais. Os recursos para a implantação do Parque são provenientes de medidas de compensação ambiental de duas usinas hidrelétricas do Consórcio Capim Branco de Energia (CCBE) (IEF, 2011).

As florestas estacionais deciduais geralmente são encontradas solos rasos de origem basáltica, micaxisto e biotita-gnaissena região do Triângulo Mineiro (Baruqui & Motta, 1983). Este tipo de formação encontra-se no vale do Rio Araguari, em uma área com relevo de forte declividade, na margem esquerda do córrego Terra Branca na transição de solos de origem basáltica e micaxisto (Souza *et al.* 2007)

As FED inseridas no Cerrado vêm sofrendo um processo intenso de perda na sua cobertura vegetal, devido principalmente a substituições das áreas naturais por pastagens ou pelo corte seletivo de madeira. Entre as principais espécies utilizadas comercialmente estão *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Aroeira), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (ipê-roxo) que servem matéria-prima para cercas e currais; *Cedrella fissilis* (cedro) e *Aspidosperma* spp. (perobas) para a construção civil e fábrica de móveis (Scariot & Sevilha, 2003). As espécies

Anadenanthera colubrina e *Myracrodruon urundeuva* se destacam com alta dominância em solos rasos, eutróficos e com forte declividade, sendo dominantes no dossel das comunidades vegetais em florestas estacionais decíduais (Araújo *et al* 1997).

A região do vale do Rio Araguari apresenta basalto da formação Serra Geral aflorando principalmente nos vales dos rios: Araguari, Uberabinha, Tijuco e Douradinho (Nishiyama, 1989). A região, área de influência da UHE Capim Branco 1, apresenta uma cobertura vegetal fragmentada com pequenos remanescentes florestais isolados, muito perturbados e em geral localizados em áreas particulares, declivosas, e alterados em relação a sua estrutura e composição florística (Baruqui & Motta 1983; Rosa *et al.* 2006; Souza *et al* 2007).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw caracterizado pela presença de chuvas no verão (outubro-março) e seca no inverno (maio-setembro), com a temperatura média anual de 22°C e índice pluviométrico anual de 1555 mm/ano, com a estação seca bem definida de maio a setembro (Rosa *et al.* 2006).



Figura 1: Área de estudo - Fragmento de floresta estacional decidual localizado no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Parcelas aleatorizadas no retângulo.
Fonte: *Google Earth*.

Amostragem da Vegetação

Para a realização do levantamento da regeneração natural das espécies arbóreas nesse remanescente a área foi amostrada pelo método de parcelas de área fixa (Pellico Neto & Brena, 1997). Para amostragem foram alocadas 40 parcelas aleatórias de dois tamanhos distintos (Figura 2). As parcelas foram sorteadas ao longo de linhas equidistantes 100 metros uma da outra seguindo o gradiente principal, neste caso representado pela declividade do terreno (Figura 3). As parcelas foram alocadas no lado esquerdo da linha. Os critérios de inclusão utilizados e a estrutura da amostragem para as classes foram baseados no protocolo proposto por Felfili *et al.* (2005) para as formações vegetais do bioma cerrado.

Os indivíduos de todas as espécies arbóreas com altura entre 20 centímetros e 1 metro foram contados em amostras de 2x2 m (4m²) (Classe I) e os indivíduos entre 1 metro de altura até aqueles com 5 centímetros de diâmetro à altura do peito (DAP) foram contados em amostras de 10x10m (100m²) (Classe II).

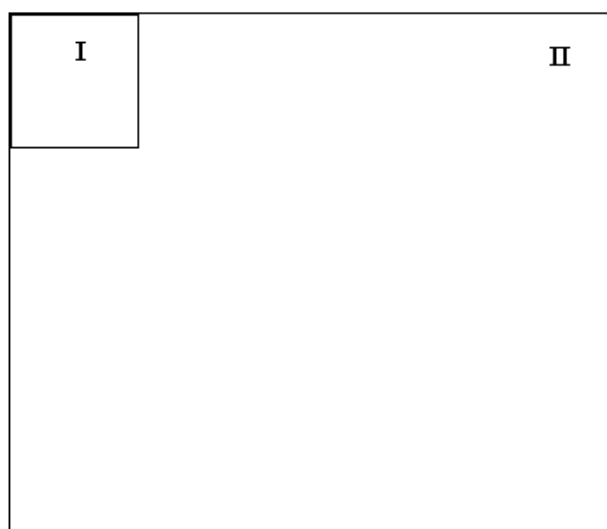


Figura 2: Tamanho das parcelas estabelecidas para a mensuração da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Para a classificação das famílias e das espécies arbóreas da comunidade foi utilizado o Sistema APG II (Souza & Lorenzi, 2005). A grafia correta dos nomes científicos das espécies foi conferida no site do Missouri Botanical Garden ([www.mobot.org/W3 Tropics](http://www.mobot.org/W3Tropics)) e em Oliveira-Filho (2006)

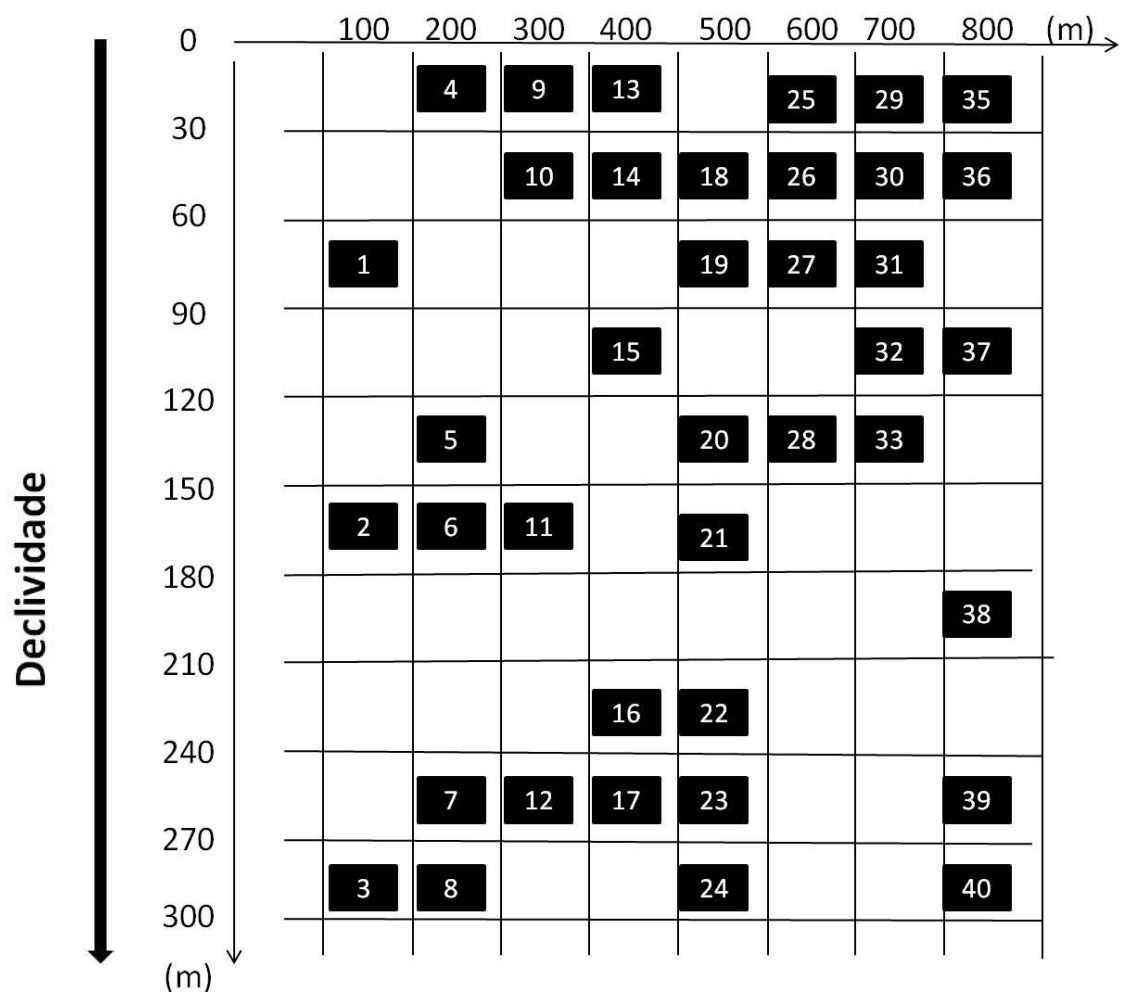


Figura 3: Esquema da situação das parcelas onde foi realizada a amostragem aleatória da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Os números de 1 a 40 representam as parcelas amostradas na área.

Análise da Vegetação

A análise da comunidade arbórea em regeneração natural foi efetuada com base nas estimativas de densidade e frequência das espécies nas parcelas de 4 m² e de 100 m². Para o cálculo da densidade e frequência, do Índice de Diversidade de

Shannon (H') e da Equabilidade de Pielou (J) para a regeneração natural foi utilizado o Programa FITOPAC SHELL (Shepherd, 2004).

A ordenação das espécies foi investigada utilizando Análise de Correspondência por segmentos, através método DECORANA (*Detrended Correspondence Analysis*) (Hill, 1979; Hill & Gauch, 1980). A variável densidade de indivíduos em cada uma das classes (I e II) foi utilizada na confecção de uma matriz espécie x parcela conforme recomendam Kent & Coker (1992). Este tipo de análise multivariada posiciona as espécies e as parcelas ao longo de dois eixos de ordenação e possibilita investigar sobre a existência de padrões ecológicos no estudo da vegetação (ter Braack, 1995, Felfili *et al.* 2007a).

Foram utilizados os estimadores de riqueza não paramétricos (Jackknife 1 e Chao 1) para estimar a riqueza de espécies através do programa EstimateS 7.5 (Colwell, 2005), onde foram calculadas as estimativas de riqueza baseadas em amostras segundo Gotteli & Colwell, (2001). Este procedimento utiliza intervalos de confiança a 95% de probabilidade acima e abaixo da média com base nas fórmulas analíticas propostas por Colwell *et al.* (2004).

As curvas de rarefação podem ser construídas usando o número de espécies por indivíduo ou por parcela, possibilitando a comparação da riqueza de espécies entre as classes estabelecidas e também auxilia na estimativa da intensidade amostral em diferentes tipos de comunidades (Gotteli & Colwell, 2001)

RESULTADOS

Composição da regeneração natural

Considerando a classe I (4 m²) da regeneração natural, foram amostrados 237 indivíduos, distribuídos em 32 espécies arbóreas e arbustivas, 26 gêneros e 18 famílias (Tabela 1). As espécies com maior densidade nesta classe foram *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Campomanesia velutina* (Cambess.) O.Berg., *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith e *Erythroxylum subracemosum* Turcz.

As principais famílias componentes da classe I (4 m²) foram Fabaceae, Bignoniaceae e Myrtaceae, sendo Fabaceae a mais importante com 63 indivíduos e 6 espécies. A espécie *Anadenanthera colubrina* possui 97 indivíduos por hectare, representando aproximadamente 62% dos indivíduos da família Fabaceae. As famílias Bignoniaceae e Myrtaceae apresentam 2 espécies cada e respectivamente 57 e 72 indivíduos por hectare.

Na regeneração natural da classe II (100 m²), foram encontrados 1574 indivíduos, pertencentes a 52 espécies, 43 gêneros e 24 famílias (Tabela 1). As espécies com maior densidade para esta classe foram respectivamente, *Anadenanthera colubrina*, *Campomanesia velutina*, *Tabebuia roseoalba* e *Bauhinia unguolata* somando 35 % do total de indivíduos para esta classe.

Em relação à frequência, prevalecem basicamente as mesmas espécies em ambas as classes, que são *Anadenanthera colubrina*, *Campomanesia velutina*, *Tabebuia roseoalba* e *Bauhinia unguolata*.

As principais famílias foram Fabaceae, Rubiaceae e Meliaceae representando 35,8% das espécies, sendo que 13 famílias apresentaram somente 1 espécie. A maior densidade da família Fabaceae deve-se principalmente a grande número de indivíduos

de *Anadenanthera colubrina* (174) que representa cerca de 40% dos indivíduos da família.

Tabela 1: Densidade (Indivíduos/hectare) e Frequência da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Espécie	Família	Densidade		Frequência	
		Classe I	Classe II	Classe I	Classe II
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	97	435	17.65	6.35
<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O. Berg	Myrtaceae	62	332	9.24	4.37
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Bignoniaceae	50	295	9.68	6.55
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	Fabaceae		327	8.4	3.57
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	30	272	3.36	4.76
<i>Erythroxylum subracemosum</i> Turcz.	Erythroxylaceae	35	217	5.04	4.56
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Rhamnaceae	35	197	5.04	5.16
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Sapindaceae	10	142	3.36	4.76
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Salicaceae	2	150	0.84	3.37
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabaceae	5	120	1.68	4.17
<i>Luehea grandiflora</i> Mart.	Malvaceae	12	102	3.36	3.77
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A. DC.	Apocynaceae	17	110	1.68	3.17
<i>Chomelia pohliana</i> Müll.Arg.	Rubiaceae	15	105	4.2	3.57
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	Fabaceae	7	90	0.84	3.97
<i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum.	Rubiaceae	27	110	6.72	2.98
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	12	132	2.52	2.18
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	Meliaceae	5	100	1.69	2.38
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Cannabaceae	35	110	5.04	3.17
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	10	70	0.84	3.17
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	Fabaceae	2	72	-	2.38
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	-	47	-	1.59
<i>Rollinia sylvatica</i> (A. St.-Hil.) Martius	Annonaceae	-	40	-	1.19
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae	2	45	-	1.98
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	-	37	-	1.98
<i>Casearia rupestris</i> Eichler	Salicaceae	32	44	0.84	1.41
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	7	27	0.84	1.59
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Rutaceae	2	15	0.84	0.99
<i>Dasyphyllum</i> sp.	Asteraceae	-	12	-	0.79
<i>Sterculia striata</i> A. St.-Hil. & Naudin	Malvaceae	-	10	-	0.79
<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	Myrtaceae	-	15	-	0.79
<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.	Meliaceae	5	15	0.84	0.6
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	7	10	0.84	0.6
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Moraceae	-	10	-	0.6
<i>Platydictyon elegans</i> Vogel	Fabaceae	5	20	0.84	0.2
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	Fabaceae	-	10	-	0.6
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	-	7	-	0.4
<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni	Sapotaceae	-	7	-	0.6
<i>Allophylus racemosus</i> W.	Sapindaceae	-	7	-	0.6
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	Meliaceae	-	7	-	0.4

<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G. Azevedo & H.C. Lima	Fabaceae	-	5	-	0.4
<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	Ochnaceae	5	10	0.84	0.4
<i>Acalypha gracilis</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	2	5	-	0.4
<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler	Combretaceae	-	5	-	0.4
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	Combretaceae	-	5	-	0.4
<i>Phyllanthus acuminatus</i> Vahl	Phyllantaceae	2	5	0.84	0.4
<i>Chomelia ribesioides</i> Benth. ex A. Gray	Rubiaceae	-	2	-	0.2
<i>Ardisia ambigua</i> Mart.	Primulaceae	-	2	-	0.2
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	-	2	-	0.2
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Bignoniaceae	-	2	-	0.2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae	2	2		0.2
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll. Arg.	Rubiaceae	2	2	0.84	0.2
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	Rubiaceae	-	2	-	0.2
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer	Moraceae	-	2	-	0.2

Considerando a classe I, o Índice de Diversidade de Shannon (H') foi de 3,22 e a Equabilidade de Pielou (J) é de 0,811. Para a classe II da vegetação o $H' = 2.81$ e $J = 0,84$.

A ordenação da classe II pelo Decorana mostrou um grupo formado pelas espécies típicas de FED (Figura 5), como por exemplo, *Anadenathera colubrina*, *Myracrodruon urundeuva*, *Tabebuia roseoalba*, as quais se posicionaram com baixos valores para os eixos I e II. Em contrapartida, as espécies generalistas e com baixa densidade como *Trichilia elegans*, *Terminalia glabrescens* e *Cedrela fissilis* se distanciaram da maior parte das espécies no espaço da ordenação, com menores valores encontrados para o eixo II. Para a classe I, a ordenação apresentou um agrupamento na região central do gráfico, também apresentando espécies típicas de FED, com exceção de *Aspidosperma subincanum* (Figura 5). O autovalor para o primeiro eixo da ordenação foi significativo para a duas classes da regeneração (classe I autovalor= 0,52; classe II autovalor= 0,36), ambos superiores a 0,3 e segundo Felfili *et al.* (2007a) evidenciam uma relação forte do ponto de vista ecológico.

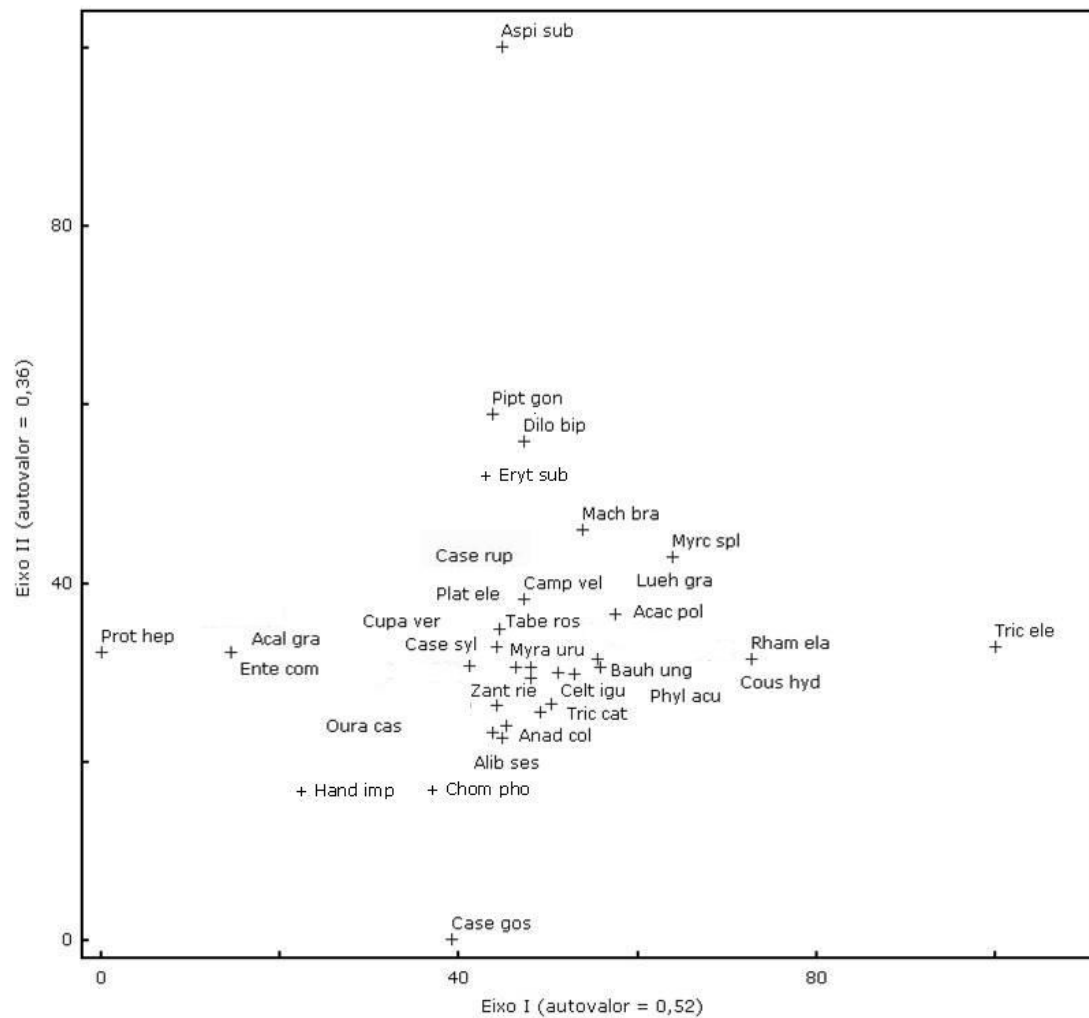


Figura 4: Ordenação pelo método DECORANA das 40 parcelas da classe I (4 m²) na regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

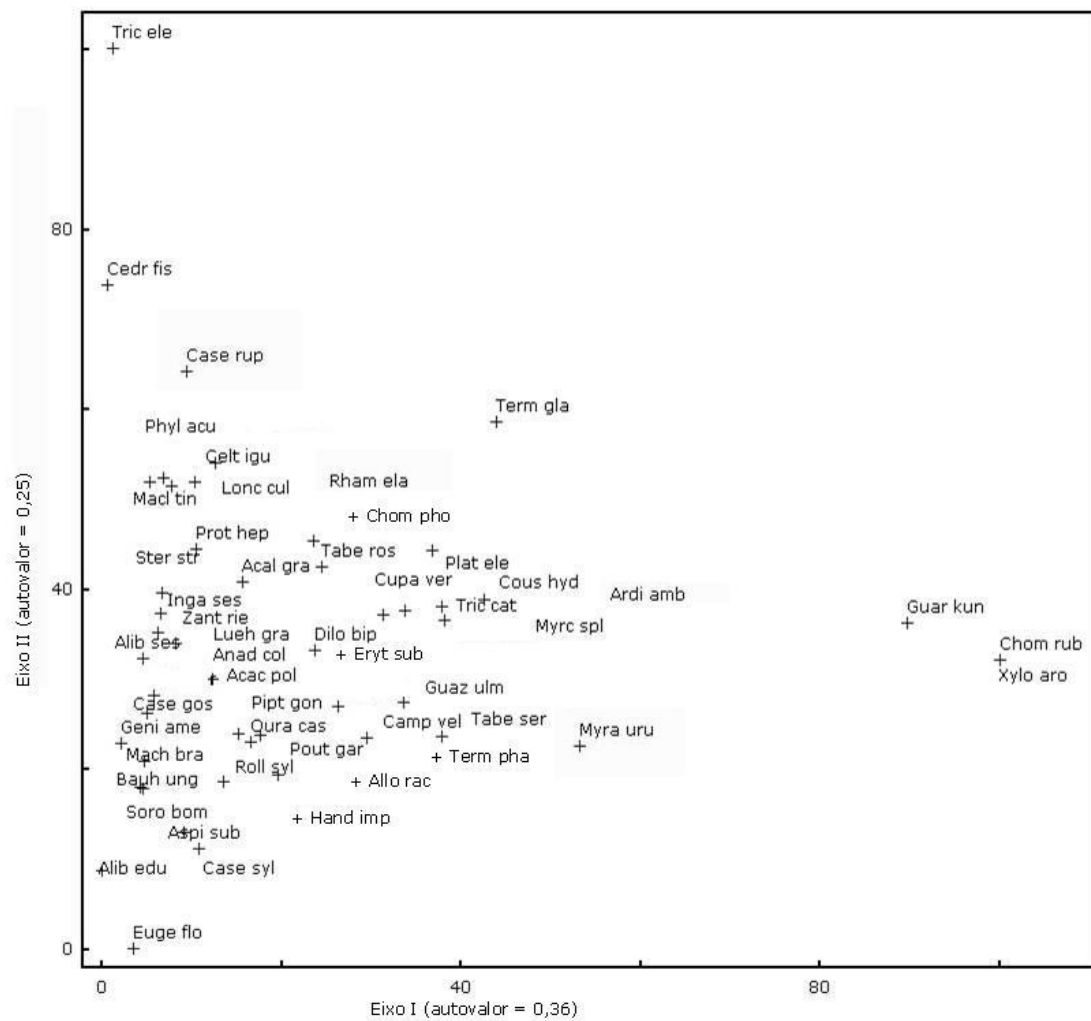


Figura 5: Ordenação pelo método DECORANA das 40 parcelas da classe II (100 m²) na regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Para o estimador Chao 1 (Figura 6A), as amplitudes de variação foram maiores e mais discrepantes, com estimativas de valores máximos acima da média calculada e sugerindo uma maior intensidade amostral, usando esse tipo de índice.

A curva de rarefação representada pela Figura 6B mostra uma tendência à estabilização, com valores estimados para o erros positivos e negativos menos discrepantes em relação a curva da média. Isto possivelmente se deve a maior variação no número de espécies encontrada nas parcelas, aumentando neste caso a diferença entre o número de espécies observado e esperado.

Para a classe I, os valores positivos e negativos do erro foram muito discrepantes mostrando uma maior variabilidade nos estimadores de espécies em relação à classe II. Para a classe II, a tendência à estabilização foi mais evidente usando o estimador Jackknife 1 (Figura 7B), mostrando uma suficiência amostral mais adequada.

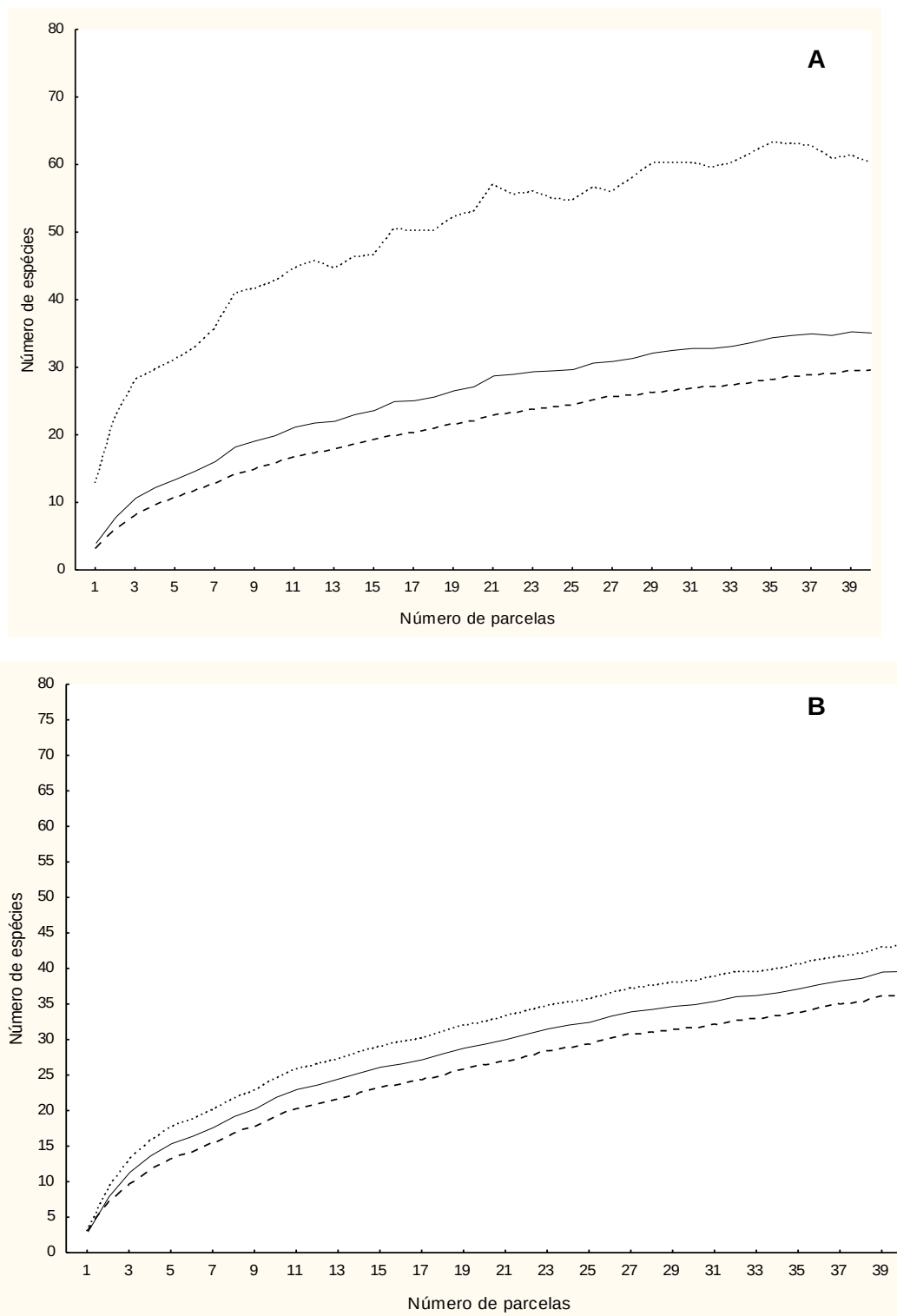


Figura 6: Curva de rarefação das espécies com o estimador Chao 1 (A) e Jackknife 1 (B) na classe I (4 m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

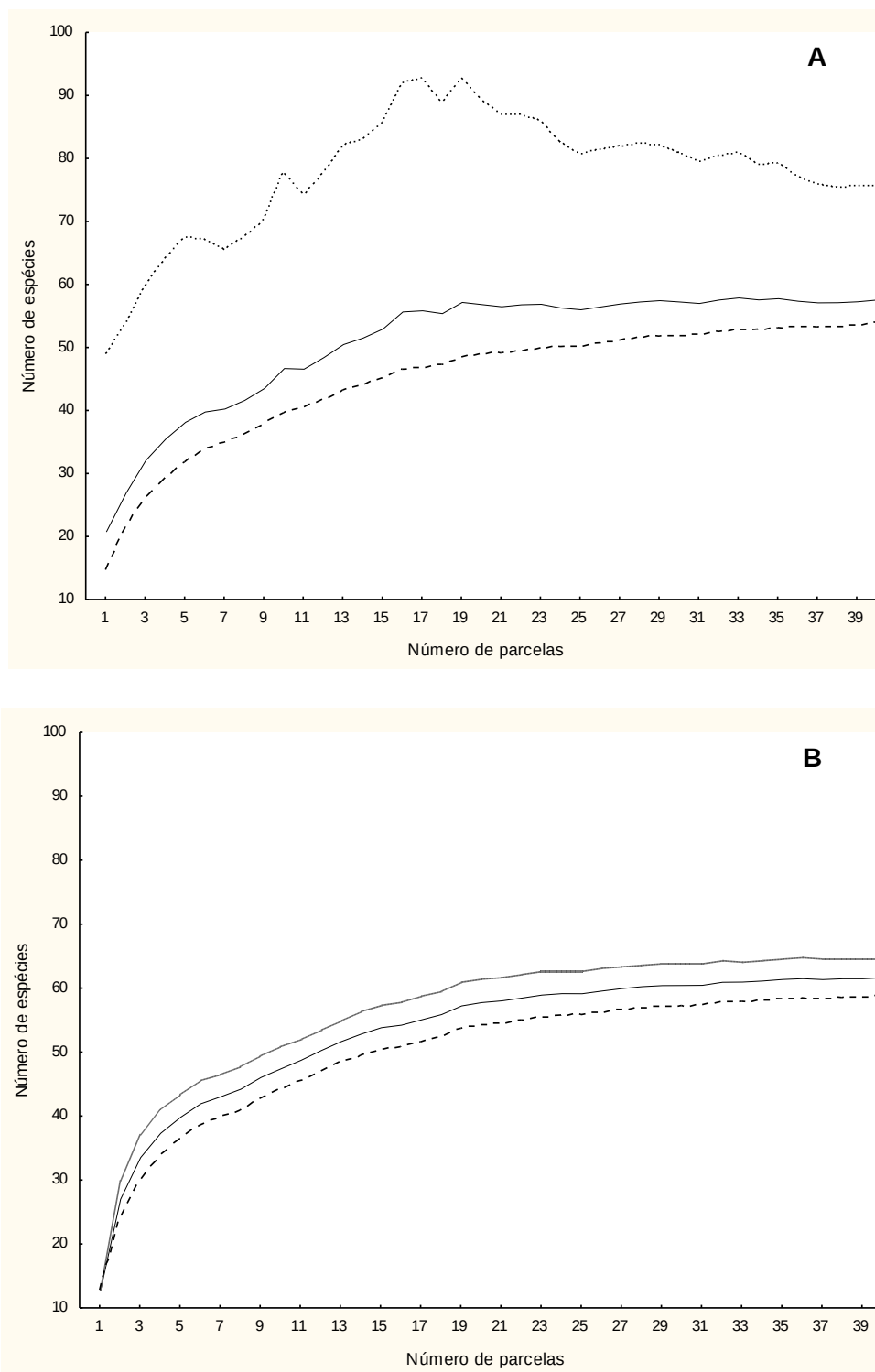


Figura 7: Curva de Rarefação das espécies com o estimador Chao 1 (A) Jackknife 1 (B) na classe II (100m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

DISCUSSÃO

De acordo com Gentry (1995) as florestas estacionais decíduais da região tropical geralmente apresentam entre 50 e 70 espécies arbóreas, número inferior ao que normalmente é encontrado em florestas estacionais semidecíduais (100-150 espécies) e florestas tropicais úmidas (150-200) considerando áreas amostrais similares. A menor riqueza e diversidade de espécies arbóreas e a ocorrência de espécies com alta densidade pode ser uma característica marcante de formações florestais decíduais sobre solo raso e com alta fertilidade natural (Araújo *et al.* 1997).

O presente trabalho apresenta um número similar de espécies em regeneração natural, quando comparado aos diversos trabalhos realizados em formações florestais. Este número está próximo do que comumente é encontrado em florestas estacionais decíduais, como por exemplo, no trabalho realizado em pastagens de diferentes classes de idade em FED no Vale do Paranã, que encontrou 51 espécies pertencentes à regeneração natural (Sampaio *et al.* 2007). O número de espécies do presente trabalho foi inferior às 63 espécies arbóreas encontradas na regeneração natural em áreas protegidas e desprotegidas em Burkina Faso, no continente africano, apesar de diferenças na amostragem entre os trabalhos (Pare *et al.* 2009). O número de espécies em regeneração natural foi próximo aos valores encontrados em levantamentos do componente arbóreo em florestas estacionais decíduais sobre afloramento basáltico em Minas Gerais (Souza *et al.* 2007; Oliveira-Filho *et al.* 1998) e sobre afloramento calcário em Goiás (Nascimento *et al.* 2004; Silva & Scariot, 2004, Felfili *et al.* 2007b), o que corrobora essa característica de FED, onde existem poucas espécies que ocorrem com alta densidade.

Nas classes I e II foi observada uma elevada densidade da espécie *Anadenanthera colubrina* assim como nas florestas estacionais decíduais em Santa Vitória, MG (Oliveira-Filho, *et al* 1998). *Anadenanthera colubrina* também apresentou a maior densidade na regeneração natural em uma FED na Bolívia considerando 2, 6 e 14 meses após o corte seletivo das espécies de importância econômica (Fredericksen & Mostacedo, 2000).

Um aspecto importante é a plasticidade ambiental de *Anadenanthera colubrina*, a qual foi observada em diferentes condições ambientais na área estudada, desde áreas com maior área basal até áreas com clareiras naturais, originadas pela queda de galhos e árvores inteiras. Desta forma, a eficiente regeneração natural desta espécie parece estar relacionada ao surgimento de novas clareiras e de ambientes com maior intensidade luminosa dentro da floresta (Fredericksen & Mostacedo, 2000, Paula *et al.* 2004)..

As espécies *Anadenanthera colubrina* e *Myracrodruon urundeuva* apresentam madeira de alto valor comercial, sendo comum o corte seletivo dessas espécies em áreas de floresta estacional decidual na região do Triângulo Mineiro, apesar de a espécie *Myracrodruon urundeuva* ser considerada imune de corte segundo a legislação ambiental vigente. *Anadenanthera colubrina* apresentou a maior densidade e *Myracrodruon urundeuva* é apenas a 16^o em densidade dentre as espécies da regeneração natural no presente trabalho, diferente de Pariona *et al.* (2003), onde as espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Anadenanthera colubrina* respectivamente ocorrem em maior densidade em áreas de clareiras exploradas seletivamente em condições de FED na Bolívia.

Os valores de índice de Diversidade de Shannon para as duas classes foram considerados medianos, devido principalmente à dominância de poucas espécies

como *Anadenanthera colubrina*, *Campomanesia velutina* e *Tabebuia roseoalba* em relação ao número de indivíduos. Estas estimativas estão dentro dos valores encontrados em áreas de FED (Scariot & Sevilha, 2005; Felfili *et al.* 2007b). Esses valores, no entanto, estão dentro da amplitude encontrada para o componente arbóreo em FED no Triângulo Mineiro (Souza *et al.* 2007), São Paulo (Ivanauskas & Rodrigues, 2000) e Goiás (Nascimento *et al.* 2004).

O uso de estimadores não paramétricos é importante para a análise da suficiência amostral em comunidades vegetais, justificando, neste caso, a intensidade amostral utilizada no presente trabalho. Essa diferença entre número de espécies amostradas e esperadas pode ocorrer principalmente devido à alta heterogeneidade da área, que pela amostragem aleatória das parcelas, tende a englobar uma maior diversidade de habitats no interior do remanescente de FED.

Existe uma dificuldade na comparação quantitativa entre os diversos trabalhos, em relação ao número e o desenho amostral das parcelas, gerando resultados que nem sempre podem ser comparados na mesma escala espacial.

Propostas para a conservação de florestas estacionais decíduais no Triângulo Mineiro

Os diversos trabalhos realizados em formações decíduais tropicais mostram que o sucesso da regeneração natural nesses ambientes está diretamente relacionado às políticas governamentais de uso e ocupação do solo, sendo esses mecanismos fundamentais para a gestão de FED tropicais, promovendo a conservação e restauração dos processos ecológicos nesses ambientes (Stoner & Sanchez-Azofeifa, 2009).

A espécie *Anadenanthera colubrina* pode ser importante para a conservação da biodiversidade através do manejo florestal sustentável da FED. O

corte seletivo sustentável de espécies vegetais é a melhor forma de proteger as florestas tropicais do desmatamento, acrescentando valor econômico a essas florestas (Rozendaal *et al.* 2010). A espécie *Anadenanthera colubrina* é considerada pioneira de longa duração, incluída dentre as principais espécies com potencial silvicultural dentro do *Long-Term Silvicultural Research Program (LTSRP)* na Bolívia (Villegas *et al.* 2009).

A espécie *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira) é característica de floresta estacional decidual, geralmente ocorrendo em alta densidade tanto na regeneração natural como no estrato arbóreo. É um espécie de uso silvicultural, sendo importante a sua regeneração natural para o manejo sustentável da espécie.

Para a recomposição de ambientes degradados, a regeneração natural torna-se uma ferramenta fundamental garantindo o sucesso desses projetos, nesse sentido, é importante conhecer as seguintes características do ambiente a ser recuperado: as variáveis do solo e da vegetação, a densidade e distribuição de sementes, a proximidade de fontes fornecedoras de propágulos, existência de chuva de sementes, dentre outras (Hardwick *et al.* 2004). Em ambientes onde a FED foi afetada por modificações crônicas (pastagens, corte seletivo, extração de carvão vegetal, etc.) a regeneração natural através da rebrota e do recrutamento contribuem para o estabelecimento dos indivíduos em FED. (Álvarez-Yépiz *et al.* 2008).

Para a restauração ecológica de ambientes degradados, o favorecimento da regeneração natural é a prática menos dispendiosa, principalmente onde as práticas agrícolas foram menos intensas, deixando o solo com uma menor degradação. A existência de fragmentos florestais próximos a área e que podem favorecer a chuva de sementes são importantes fatores a ser considerados (Chazdon, 2008).

O estudo da regeneração natural torna-se necessário no âmbito de unidades de conservação, como é o caso do Parque Estadual do Pau Furado, unidade de conservação (UC) de Proteção Integral (Brasil 2000) na região do Triângulo Mineiro. Essa categoria de unidade de conservação prioriza a conservação *in situ* dos recursos naturais e é importante para a preservação dos fragmentos de FED, formação florestal que historicamente vêm sofrendo uma intensa pressão antrópica.

Na região do Triângulo Mineiro, a presença de apenas uma unidade de conservação, o Parque Estadual do Pau Furado, é insuficiente para a conservação e preservação da biodiversidade, já que parte dessa unidade de conservação ainda é formada por pastagens e vegetação secundária, com a urgente necessidade de projetos de facilitação da regeneração natural e de restauração ecológica. Os dados provenientes do presente trabalho são importantes por apresentar a composição e densidade das espécies, fornecendo subsídios para a recomposição das áreas a partir das espécies mais importantes. Existe a eminente necessidade de criação de outras unidades de conservação na região, para a preservação de diversas fitofisionomias e das nascentes, favorecendo a conectividade entre os ambientes, formando os corredores ecológicos.

CONCLUSÕES

A regeneração natural da comunidade arbórea está dentro das estimativas encontradas em remanescentes de FED, com uma maior densidade para espécies características deste tipo de vegetação como *Anadenanthera colubrina*, *Campomanesia velutina*, *Tabebuia roseoalba* e *Bauhinia unguolata* somando os maiores valores de densidade e frequência nas duas classes estabelecidas.

A utilização de distintas classes e de estimadores de riqueza não paramétricos para a descrição de elementos da diversidade e da intensidade amostral apresentaram resultados pertinentes, amostrando a maior parte da riqueza de espécies da comunidade arbórea.

A maior parte das espécies arbóreas (N=54) se posicionou com baixos valores para os dois eixos da ordenação, denotando um padrão de distribuição consistente com este tipo de vegetação, onde as espécies características de FED formaram um grande grupo na porção central da ordenação. Em contrapartida, as espécies generalistas e com baixa densidade como *Trichilia elegans*, *Terminalia glabrescens* e *Xylopia aromatica* se distanciaram da maior parte das espécies no espaço da ordenação.

Os padrões da regeneração natural nessa floresta estacional decidual mostram uma alta capacidade de recrutamento das espécies características dessa formação vegetal, e com bom potencial silvicultural, como *Anadenanthera colubrina*, *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus impetiginosus*, *Cedrela fissilis*, entre outras. A expressiva regeneração natural justifica a importância da proteção integral das áreas através da implantação deste tipo de unidade de conservação visando a manutenção da vegetação natural em remanescentes de FED sobre afloramento basáltico, que atuam como

importantes corredores de dispersão da biodiversidade entre os fragmentos florestais na região do Triângulo Mineiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez-Yépiz, J.C.; Martínez-Yrizar, A.; Búrquez, A.; Lindquist, C. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. **Forest Ecology and Management** 256: 355–366.

Araújo, G.M.; Rodrigues, L.A.; Ivizi, L. 1997. Estrutura fitossociológica e fenologia de espécies lenhosas de mata decídua em Uberlândia, MG. In: L.L. Leite & C.H. Saito, (orgs.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Anais do III Congresso de Ecologia do Brasil. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília. p.22-28.

Baruqui, F.M.; Motta, P.E.F. 1983. Interpretação de um trecho de mapa de solos do Triângulo Mineiro. **Informe Agropecuário** 9: 45-63.

Brasil. 2000. **Lei 9985/00** que Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

Ceccon, E.; Huante, P.; Rincón, E. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 49 (2): 305-312.

Chazdon, R. L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science** 320:1458–1460

Colwell, R.K.; Mao, C.X.; Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology** 85 (10): 2717-2727.

Colwell, R.K. 2005. **Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5**. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.

Espírito-Santo, M.; Sevilha, A.; Anaya, F.C.; Barbosa, R.; Fernandes, G.W.; Sanchez-Azofeifa, A.; Scariot, A. Noronha, S.E.; Sampaio, C.A. 2009. Sustainability of tropical dry forests: Two case studies in southeastern and central Brazil. **Forest Ecology and Management** **258**: 922–930.

Felfili, J.M.; Carvalho, F.A.; Haidar, R.F. 2005. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Universidade de Brasília, Depto de Engenharia Florestal. Brasília. 60p.

Felfili J.M.; Rezende A.V.; Silva-Júnior, M.C. 2007a. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Editora da Universidade de Brasília/ Finatec. Brasília. 254 p.

Felfili, J.M.; Nascimento, A.R.T.; Fagg, C.W.; Meirelles, E.M. 2007b. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 611-621.

Fredericksen, T.S.; Mostacedo, B. 2000. Regeneration of timber species following selective logging in a Bolivian tropical forest. **Forest Ecology and Management** **131**: 47–55.

Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In: Bullock, S.H.; Mooney, H.A.; Medina, E. (eds.) **Seasonally dry tropical forests** Cambridge University Press, Cambridge. p. 146–194.

Gotelli, N.J.; Colwell, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters** **4**: 379-391

Hardwick, K.; Healey, J.R.; Elliott, S.; Blakesley, D. 2004. Research needs for restoring seasonal tropical forests in Thailand: accelerated natural regeneration. **New Forest** **27**: 285–302.

Hill, M.O.1979. **DECORANA: a fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging.**.. Cornell University. Ithaca, NY. 51 p.

Hill, M.O.; Gauch, H.G.1980. Detrended correspondence analysis an improved ordination technique. **Vegetatio** **42**: 47-58.

Instituto Estadual de Florestas (IEF): <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/205?task=view>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2011.

Ivanauskas, N.M.; Rodrigues, R.R. 2000. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **23**: 291–304.

Janzen, D. 1988. Tropical dry forests, the most endangered major tropical ecosystems. In: Wilson, E.O. (ed.). **Biodiversity**. National Academy Press, Washington, D.C, USA. p. 130-137.

Kennard, D.K.; Gould, K.; Putz, F.E.; Fredericksen, T.S.; Morales F. 2002. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management** **162**: 197–208.

Kent, M.; Coker, P. 1992. **Vegetation description and analysis**. Belhaven Press, London. 363 p.

Missouri Botanical Garden. Plant Science: Trópicos. <http://mobot.mobot.org/W3T/Search>. Acesso em 28 de Dezembro de 2010.

Murphy, P.G.; A.E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics** **17**: 67- 88.

Mwavu, E. N.; Witkowski, E.T.F. 2009. Seedling regeneration, environment and management in a semi-deciduous African tropical rain forest. **Journal of Vegetation Science** **20**: 791–804.

Nascimento, A. R. T.; Felfili, J. M.; Meirelles, E. M. 2004. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **18** (3): 659-669.

Nishiyama, L. 1989. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza** **1**(1): 9-16.

Oliveira-Filho, A.T.; Curi, N.; Vilela, E.A.; Carvalho, D.A. 1998. Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. **Biotropica** **30** (3): 362-375

Oliveira-Filho, A.T. 2006. **Catálogo das árvores nativas de Minas Gerais: mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Editora da UFLA. Lavras. 423 p.

Paula A. P.; Silva A. F.; De Marco Júnior, P.; Maës Dos Santos, F. A.; Souza A. L. 2004. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **18** (3): 407-423.

Pare, S.; Savadogo, P.; Tigabu, M.; Oden, P.C. 2009. Regeneration and spatial distribution of seedling populations in Sudanian dry forests in relation to conservation status and human pressure. **Tropical Ecology** **50** (2): 339-353.

Pariona, W.; Fredericksen, T.S.; Licona, J.C. 2003. Natural regeneration and liberation of timber species in logging gaps in two Bolivian tropical forests. **Forest Ecology and Management** **181**: 313–322.

Péllico Neto, S.; Brena, D.A. 1997. **Inventário Florestal**. Editado pelos autores. Curitiba. 316p.

Pennington, R.T.; Prado, D.E.; Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography** **27**: 261-273.

Rosa, R.; Brito, J.L.S.; Lima, S.C. 2006. Uso do solo e cobertura vegetal na área de influência do AHE Capim Branco I. **Sociedade & Natureza** **18** (34): 133-150.

Rozendaal, D.M.A.; Soliz-Gamboa, C.C.; Zuidema, P.A. 2010. Timber yield projections for tropical tree species: The influence of fast juvenile growth on timber volume recovery. **Forest Ecology and Management** **259**: 2292–2300

Saha S.; Howe, H.F. 2003. Species composition and fire in a dry deciduous forest. **Ecology** **84** (12): 3118-3123.

Sampaio, A. B.; Scariot, A. ; Holl, K. 2007. Regeneration of seasonal deciduous forest tree species in long-used pastures in Central Brazil. **Biotropica** **39**: 655-659.

Scariot, A. & Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. In: Scariot, A., Felfili, J.M., Sousa-Silva, J.C. (eds.) **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p.123–139

Shepherd, G.J. 2004. **FITOPAC-SHELL 1.5: Manual do usuário**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

Silva, L.A.; Scariot, A. 2004. Composição e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no Brasil Central. **Árvore** **28** (1): 69-75.

Scariot, A.; Sevilha, A.C. 2003. Desmatamento e fragmentação do Cerrado: Destruição das florestas estacionais e conservação da biodiversidade In: Sales, V.C. (org.) **Ecosistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Expressão Gráfica e Editora. Fortaleza. p.163-169.

Souza, J.P.; Araújo, G.M.; Haridasan, M. 2007. Influence of soil fertility on the distribution of tree species in a deciduous forest in the Triângulo Mineiro region of Brazil. **Plant Ecology** **191**: 253-263.

Souza, V.C.; Lorenzi, H. 2005. **Botânica sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Plantarum.** Nova Odessa. 640p.

Stoner, K.; Sanchez-Azofeifa, A. 2009. Ecology and regeneration of tropical dry forests in the Americas: implications for management. **Forest Ecology and Management 258**: 903–906.

ter Braak, C.J.F. 1995. Ordination. In: Jongman, R.H.G.; ter Braak, C.F.J.; Van Tongeren, O.F.R. (eds.) **Data analysis in community and landscape ecology.** Cambridge University Press, Cambridge. p. 91-173.

Toledo-Aceves, T.; Purata-Velarde, S.; Peters, C.M. 2009. Regeneration of commercial tree species in a logged forest in the Selva Maya, Mexico. **Forest Ecology and Management 258**: 2481–248

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

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, São Paulo. 123 p.

Vieira, D. L.M.; Scariot, A. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology 14**:11–20

Vieira, D.L.M.; Scariot, A. 2008. Environmental variables and tree population structures in deciduous forests of Central Brazil with different levels of logging. **Brazilian Archives of Biology and Technology 51(2)**: 419-431.

Villegas, Z.; Penã-Claros, M.; Mostacedo, B.; Alarcón, A.; Licona, J.C.; Leanõ, C.; Pariona, W.; Choque, U. 2009. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management 258**: 971–977.

CAPÍTULO 2

**VARIÁVEIS AMBIENTAIS E A REGENERAÇÃO NATURAL EM UM
REMANESCENTE DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO
TRIÂNGULO MINEIRO, MG.**

FEVEREIRO – 2011

RESUMO

As espécies vegetais em florestas estacionais decíduais (FED) estão relacionadas a um gradiente de variáveis ambientais, que podem determinar a distribuição das espécies de acordo com a intensidade dos fatores ambientais. O objetivo do presente trabalho foi verificar se as variáveis ambientais e biofísicas do dossel influenciam na distribuição das espécies arbóreas em regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual em Uberlândia, MG. O presente estudo foi realizado em uma FED situado no Parque Estadual do Pau Furado em Uberlândia, Minas Gerais. Para a amostragem da regeneração natural foram alocadas de maneira aleatória 40 parcelas de 10 x 10 m e 40 sub-parcelas de 4 m² inseridas nas parcelas maiores. As variáveis ambientais coletadas foram abertura do dossel, cobertura do solo, cobertura de bambu, área basal, índice de área foliar (IAF), rochosidade e declividade. As variáveis foram correlacionadas com a densidade de espécies através da Análise de Correspondência Canônica (CCA). As médias de abertura do dossel e IAF na estação chuvosa foram respectivamente 21,86% e 1,86 m²/m². Na estação seca esses valores foram de 57,38% para abertura do dossel e 0,63 m²/m² para o IAF. A abertura do dossel apresentou diferenças significativas entre a estação seca e chuvosa (Man-Whitney U = 28; p < 0, 001) e o IAF também apresentou diferenças significativas entre as duas estações (Man-Whitney U = 43,0; p < 0,001). De acordo com a CCA, na estação chuvosa para as duas classes da regeneração as variáveis mais correlacionadas com a densidade de espécies foram a declividade e a rochosidade. Para a estação seca, nas classes I e II as variáveis mais importantes foram a abertura do dossel e a cobertura do solo. Os valores de abertura de dossel e IAF foram semelhantes aos encontrados em outras florestas estacionais decíduais, com estimativas de abertura acima de 50% durante a estação seca. As espécies vegetais em FED estão correlacionadas principalmente com as variáveis de micro-relevo (topografia e rochosidade) e biofísicas (abertura e altura do dossel). O gradiente de variáveis ambientais mostrou que essa formação florestal é influenciada por diversos fatores ambientais e que a sazonalidade climática e a ocorrência de eventos estocásticos (como a abertura de clareiras na estação chuvosa) podem determinar o estabelecimento e a manutenção das espécies em regeneração natural na comunidade arbórea.

Palavras-chave: comunidade arbórea; análise de gradiente; abertura do dossel; florestas secas.

ABSTRACT

Plant species in deciduous forests are distributed according to a gradient of environmental variables. The aim of the present paper was to investigate the role of several environmental and canopy variables in the distribution of arboreal species in a deciduous forest remnant going through a process of natural regeneration. The present study was carried out in a deciduous forest remnant located in the Pau Furado State Park, Uberlândia, MG. Sampling of natural regeneration was conducted using 40 100 m² random plots and 40 subplots containing 4 m² located inside the larger plots. The following environmental variables were evaluated: canopy openness, soil cover, bamboo cover, basal area, leaf area index (LAI), rock cover and declivity. These variables were correlated to species density through a canonical correspondence analysis (CCA). Mean canopy openness was significantly larger in the dry (mean = 57.38%) than the wet season (mean = 21.86%) (Man-Whitney U = 28; $p < 0.001$). On the other hand, LAI was significantly higher during the wet (mean = 1.86 m²/m²) than the dry season (mean = 0.63 m²/m²) (Man-Whitney U = 43; $p < 0.001$). Declivity and rock cover were the most important variables determining species distribution during the wet season in both regeneration classes, while soil cover and canopy openness were responsible for species distribution during the dry season in both classes. Canopy openness and LAI values were very similar to those found in other studies in deciduous forests, with estimates above 50% during the dry season. Our results demonstrated that plant species in this vegetation type were mostly influenced by canopy and topography variables. Moreover, climatic seasonality and the occurrence of stochastic events (such as the creation of gaps in the wet season) may determine the establishment and maintenance of species in natural regeneration of arboreal communities

Key-words: tree community; gradient analysis; canopy openness; dry forest.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais possuem uma rica diversidade, com distintas variações nas condições ambientais, tanto horizontalmente (propriedades do solo, textura, composição química) quanto verticalmente (presença de clareiras, modificações na estrutura do dossel, entre outras) favorecendo uma alta heterogeneidade ambiental com potenciais efeitos na diversidade alfa e beta (Pereira *et al.* 2007). As formações florestais do Cerrado são influenciadas por variações locais em parâmetros como a hidrografia, topografia, profundidade do lençol freático, fertilidade e profundidade do solo, além das características bióticas inerentes da flora (Ribeiro & Walter, 2008). Dentre estas formações vegetais, as florestas estacionais decíduais (FED) constituem complexos vegetacionais e sua composição está relacionada com as condições de clima, tipo de solo e topografia do terreno (Pennington *et al.* 2009).

As espécies vegetais podem ser influenciadas por diversos fatores ambientais, sendo importante o entendimento dessas variáveis atuando de forma conjunta ou isolada nas populações e formações vegetais podendo formar gradientes ambientais (ter Braak, 1987). Nesse sentido, o entendimento dos padrões ecológicos da vegetação pode ser determinado por diversas variáveis do ambiente e também por fatores genéticos, ou pela interação ecológica entre todos eles (Marimon *et al.* 2010).

Os fatores ambientais tais como luz, temperatura e perturbações naturais têm grande influência na regeneração natural (Mwavu & Witkowski, 2009). Dentre as variáveis ambientais, as mudanças de abertura no dossel em formações florestais podem promover a regeneração de espécies através do recrutamento de juvenis e, também, pela atividade dos bancos de sementes e de plântulas, inclusive, após distúrbios em diferentes escalas espaciais (Bawa & Seidler, 1998; Pinard *et al.* 1999; Fredericksen & Mostacedo, 2000).

Dessa forma, o entendimento dos mecanismos de regeneração natural (chuva de sementes, banco de plântulas, densidade de espécies, variáveis ambientais, entre outros) se torna fundamental para o manejo sustentável destes remanescentes, com a possibilidade de diminuição das taxas de desmatamento, através da utilização contínua desses recursos vegetais, favorecendo a manutenção da diversidade da floresta (Webb, 1997). Estudos a respeito dos mecanismos que envolvem a regeneração natural em FED são escassos, sendo de suma importância o entendimento desses padrões para futuros projetos de restauração ecológica nessas formações florestais (Vieira & Scariot, 2006).

O objetivo do presente trabalho foi verificar se as variáveis ambientais e biofísicas do dossel influenciam na distribuição das espécies arbóreas em regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual em Uberlândia, MG.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O presente estudo foi realizado em um remanescente de floresta estacional decidual (FED) com aproximadamente 40 ha situado no Parque Estadual do Pau Furado (18°48'S e 48°10'O) no município de Uberlândia, Minas Gerais (Figura 1). O Parque Estadual do Pau Furado possui uma área total de 2,2 mil hectares, situado nos municípios de Uberlândia e Araguari. Essa unidade de conservação abriga remanescentes importantes do bioma Cerrado, sendo a primeira UC dessa categoria localizada no Triângulo Mineiro, uma das regiões mais atingidas pelo desmatamento em Minas Gerais. Os recursos para a implantação do Parque são provenientes de medidas de compensação ambiental de duas usinas hidrelétricas do Consórcio Capim Branco de Energia (CCBE) (IEF, 2011)

As florestas estacionais deciduais geralmente são encontradas solos rasos de origem basáltica, micaxisto e biotita-gnaissena região do Triângulo Mineiro (Baruqui & Motta, 1983). Este tipo de formação encontra-se no vale do Rio Araguari, em uma área com relevo de forte declividade, na margem esquerda do córrego Terra Branca na transição de solos de origem basáltica e micaxisto (Souza *et al.* 2007).

As FED inseridas no Cerrado vêm sofrendo um processo intenso de perda na sua cobertura vegetal, devido principalmente a substituições das áreas naturais por pastagens ou pelo corte seletivo de madeira. Entre as principais espécies utilizadas comercialmente estão *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Aroeira), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (ipê-roxo) que servem matéria-prima para cercas e currais; *Cedrella fissilis* (cedro) e *Aspidosperma* spp. (perobas) para a construção civil e fábrica de móveis (Scariot & Sevilha, 2003). As espécies

Anadenanthera colubrina e *Myracrodruon urundeuva* se destacam com alta dominância em solos rasos, eutróficos e com forte declividade, sendo dominantes no dossel das comunidades vegetais em florestas estacionais decíduais (Araújo *et al* 1997).

A região do vale do Rio Araguari apresenta basalto da formação Serra Geral aflorando principalmente nos vales dos rios: Araguari, Uberabinha, Tijuco e Douradinho (Nishiyama, 1989). A região, área de influência da UHE Capim Branco 1, apresenta uma cobertura vegetal fragmentada com pequenos remanescentes florestais isolados, muito perturbados e em geral localizados em áreas particulares, declivosas, e alterados em relação a sua estrutura e composição florística (Baruqui & Motta 1983; Rosa *et al.* 2006; Souza *et al* 2007).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw caracterizado pela presença de chuvas no verão (outubro-março) e seca no inverno (maio-setembro), com a temperatura média anual de 22°C e índice pluviométrico anual de 1555 mm/ano, com a estação seca bem definida de maio a setembro (Rosa *et al.* 2006).



Figura 1: Área de estudo - Fragmento de floresta estacional decidual localizado no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Parcelas aleatorizadas no retângulo.
Fonte: *Google Earth*.

Amostragem da Vegetação

Para a realização do levantamento da regeneração natural das espécies arbóreas nesse remanescente a área foi amostrada pelo método de parcelas de área fixa (Pellico Neto & Brena, 1997). Para amostragem foram alocadas 40 parcelas aleatórias de dois tamanhos distintos (Figura 2). As parcelas foram sorteadas ao longo de linhas equidistantes 100 metros uma da outra seguindo o gradiente principal, neste caso representado pela declividade do terreno. (Figura 3). As parcelas foram alocadas no lado esquerdo da linha. Os critérios de inclusão utilizados e a estrutura da amostragem para as classes foram baseados no protocolo proposto por Felfili *et al.* (2005) para as formações vegetais do bioma cerrado.

Os indivíduos de todas as espécies arbóreas com altura entre 20 centímetros e 1 metro foram contados em amostras de 2x2 m (4m²) (Classe I) e os indivíduos entre 1 metro de altura até aqueles com 5 centímetros de diâmetro à altura do peito (DAP) foram contados em amostras de 10x10m (100m²) (Classe II).

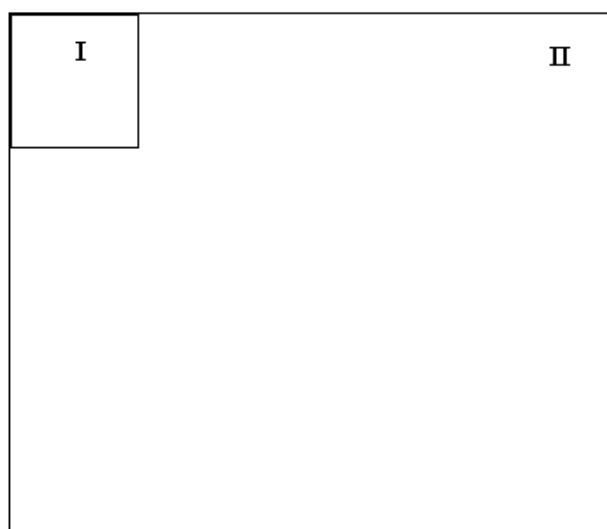


Figura 2: Tamanho das parcelas estabelecidas para a mensuração da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Para a classificação das famílias e das espécies arbóreas da comunidade foi utilizado o Sistema APG II (Souza & Lorenzi, 2005). A grafia correta dos nomes científicos das espécies foi conferida no site do Missouri Botanical Garden ([www.mobot.org/W3 Tropics](http://www.mobot.org/W3Tropics)) e em Oliveira-Filho (2006)

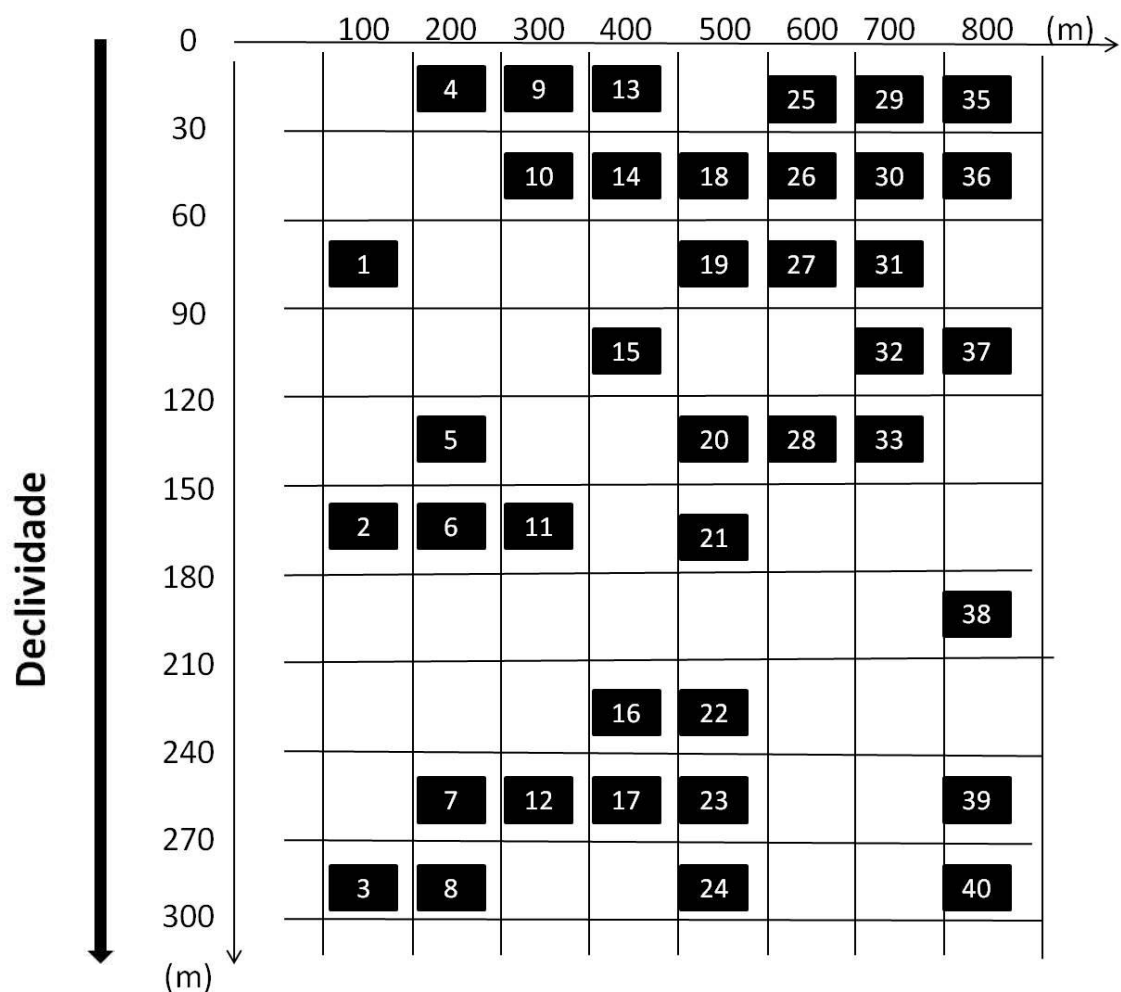


Figura 3: Esquema da situação das parcelas onde foi realizada a amostragem aleatória da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Os números de 1 a 40 representam as parcelas amostradas na área.

Coleta de dados ambientais

As variáveis ambientais coletadas foram: altura do dossel, abertura do dossel, índice de área foliar (IAF), área basal, cobertura do solo, declividade, rochoso e cobertura por bambu.

Estimativas de área basal por pontos de Bitterlich

Para a obtenção da variável área basal, foi utilizado o Relascópio de Espelho de Bitterlich onde foi estimada a área basal no centro das 40 parcelas amostrais. O método de Relascopia consiste em contar as árvores em um giro de 360°, onde os diâmetros à altura do peito (DAP) são iguais ou superiores a $2 \sin \theta$, onde (θ) é o ângulo fixo cujo vértice central é o centro da parcela. A seleção das árvores é feita de acordo com a probabilidade proporcional à área basal, ou ao quadrado do diâmetro e à frequência (Péllico-Neto & Brena, 1997).

As estimativas foram efetuadas utilizando a banda 2, e que pode incluir um número mediano de indivíduos nas amostras. Em cada amostra foram incluídos todos os indivíduos maiores que a banda 2 e estimada a área basal por hectare (Nascimento *et al.* 2004).

Mensuração da cobertura do solo, rochosidade e declividade

Para a medição da cobertura do solo em cada amostra foi utilizado o método de intercepto de linha nas sub-parcelas de 4m². Esse método consiste esticar a trena de 2 m a partir do centro da parcela em direção à sua lateral, medindo a cobertura linear em centímetros (Floyd & Anderson, 1987). O valor em centímetros foi convertido em porcentagem de cobertura. A cobertura do solo foi medida nas duas estações do ano para verificar se ocorrem mudanças nos distintos níveis de abertura do dossel (estações seca e chuvosa).

A cobertura de rochas de basalto foi estimada usando também o método do intercepto, considerando, neste caso, as parcelas de maiores dimensões (100 m²).

Em cada parcela foi medida a declividade do terreno, em graus, utilizando o Clinômetro Suunto (Pm-5/1520) através da escala numérica de 10 metros, que corresponde ao comprimento total da parcela de maiores dimensões (100 m²).

Estimativas de abertura do dossel e IAF

No centro de cada parcela de 100 m², onde foi mensurada a regeneração natural, foram obtidas as fotografias hemisféricas nas estações chuvosa e seca, totalizando 40 fotografias para a estação chuvosa e 40 para a estação seca.

Para a estimativa da abertura do dossel (%) e o IAF (Índice de Área Foliar (m²/m²) foi utilizada uma Câmera Nikon D80 acoplada a uma lente olho-de-peixe (*Fisheye*) e posicionada sobre um tripé Velbon a uma altura de 1,30 m do solo em todas as parcelas, conforme a metodologia descrita por Mitchell & Whitmore (1993). As fotografias hemisféricas foram obtidas entre 8-10 horas da manhã ou entre 16-18 horas da tarde, conforme sugerido por Whitmore *et al.* (1993) evitando-se assim a superexposição e conseqüentemente o superdimensionamento da abertura nas imagens.

Análise de dados

Análise da abertura do dossel e IAF na comunidade vegetal

As estimativas de abertura do dossel (%) e Índice de Área Foliar (m²/ m²) foram calculadas para cada uma das fotografias (N= 40 por estação) e os valores médios foram estimados para as duas estações sazonais (seca e chuvosa).

A normalidade dos dados foi testada usando o teste de Liliefors (Zar, 1999). Após o teste, como os dados não se enquadravam na distribuição normal, foi utilizado o teste não paramétrico de Man-Whitney (U) para comparação das médias de abertura do dossel e Índice de Área Foliar (IAF) entre as duas estações. Os testes foram realizados utilizando o software STATISTICA 7.0 (StatSoft, Inc. 2007) e a abertura do dossel e IAF foram representados usando-se o diagrama de *Box and Whisker* plots.

Estes diagramas são uma representação pictória da distribuição estatística dos dados. Os limites superior e inferior marcam os quartis da distribuição dos dados e o comprimento da caixa corresponde a 50% dos valores centrais dos dados observados. Normalmente neste tipo de representação o ponto central na caixa é a mediana dos dados (Hair *et al.* 2005).

Análise Canônica da Vegetação e as variáveis ambientais

A partir da densidade das espécies arbóreas nas parcelas de 100m² e 4m² foram elaboradas duas matrizes de densidade e as quais foram correlacionadas com duas matrizes de dados ambientais usando a Análise de Correspondência Canônica - ACC (da sigla CCA, em inglês) (ter Braack, 1987). A CCA é a técnica que seleciona a combinação linear de diversas variáveis ambientais e que maximiza o escore de dispersão das espécies, ou seja, escolhe o “peso ideal” de cada variável nas análises (ter Braack, 1995). Este tipo de técnica é uma análise direta de gradientes e busca identificar padrões na vegetação usando dois tipos de matrizes de dados (Kent & Coker, 1992; Silva Júnior *et al.* 1996).

A Análise de Correspondência Canônica (ACC) possibilita a visualização das correlações entre a vegetação e o ambiente de maneira sintética em um único gráfico

denominado *biplot*, e testa a significância das correlações entre parcelas, espécies e variáveis ambientais usando o teste de Monte Carlo (ter Braack 1987; Oliveira-Filho *et al.* 1997). O teste de Monte Carlo foi utilizado com 499 permutações sob o modelo reduzido, para testar o significado sobre o primeiro eixo canônico, e em seguida uma combinação dos quatro eixos canônicos como um teste direto para saber se as variáveis ambientais tiveram um efeito significativo na densidade das espécies (ter Braak 1995).

Para a realização da CCA, foram utilizadas as seguintes variáveis: abertura do dossel, altura do dossel, rochosidade, declividade, cobertura do solo, cobertura de bambu e área basal. Devido ao elevado fator de inflação, que corresponde à alta correlação entre as variáveis, o Índice de Área Foliar (IAF) foi excluído.

A Análise de Correspondência Canônica (ACC), disponível no programa CANOCO[®] versão 4.5 (ter Braak & Smilauer 2003).

RESULTADOS

Parâmetros de abertura do Dossel e Índice de Área Foliar (IAF)

Os valores médios de abertura de dossel e da amplitude foram discrepantes entre a estação seca e chuvosa (Tabela 1). Na estação chuvosa, os valores de abertura apresentaram média de 21,82% (DP: ± 10.54) possuindo uma grande amplitude (Figura 1), sendo possível, nesta estação, a nítida distinção entre as áreas de dossel fechado e as clareiras naturais nas imagens. Para estação seca os valores de abertura do dossel foram superiores a 50% (57,5% $\pm 11,8$). A amplitude das estimativas para o índice de área foliar (IAF) ficou entre 0,63 e 3,36 m²/m² para a estação chuvosa. Na estação seca os valores de IAF variaram de 0,27 a 1,34 m²/m², com estimativas de baixa cobertura do dossel durante esta estação sazonal.

Entre as duas estações foram observadas diferenças significativas para a abertura do dossel (Man-Whitney U = 28,0; p < 0, 001) e para o índice de área foliar (IAF) (Man-Whitney U = 43,0; p < 0, 001).

Tabela 1: Estimativas das variáveis biofísicas do dossel para as estações chuvosa e seca da regeneração natural de um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Parâmetros	Chuva	Seca
Abertura do dossel (%)	21.8	57.3
Amplitude	5.8 - 51.2	31.3 - 77
IAF	1.8	0.6
Amplitude	0.6 - 3.3	0.2 - 1.3

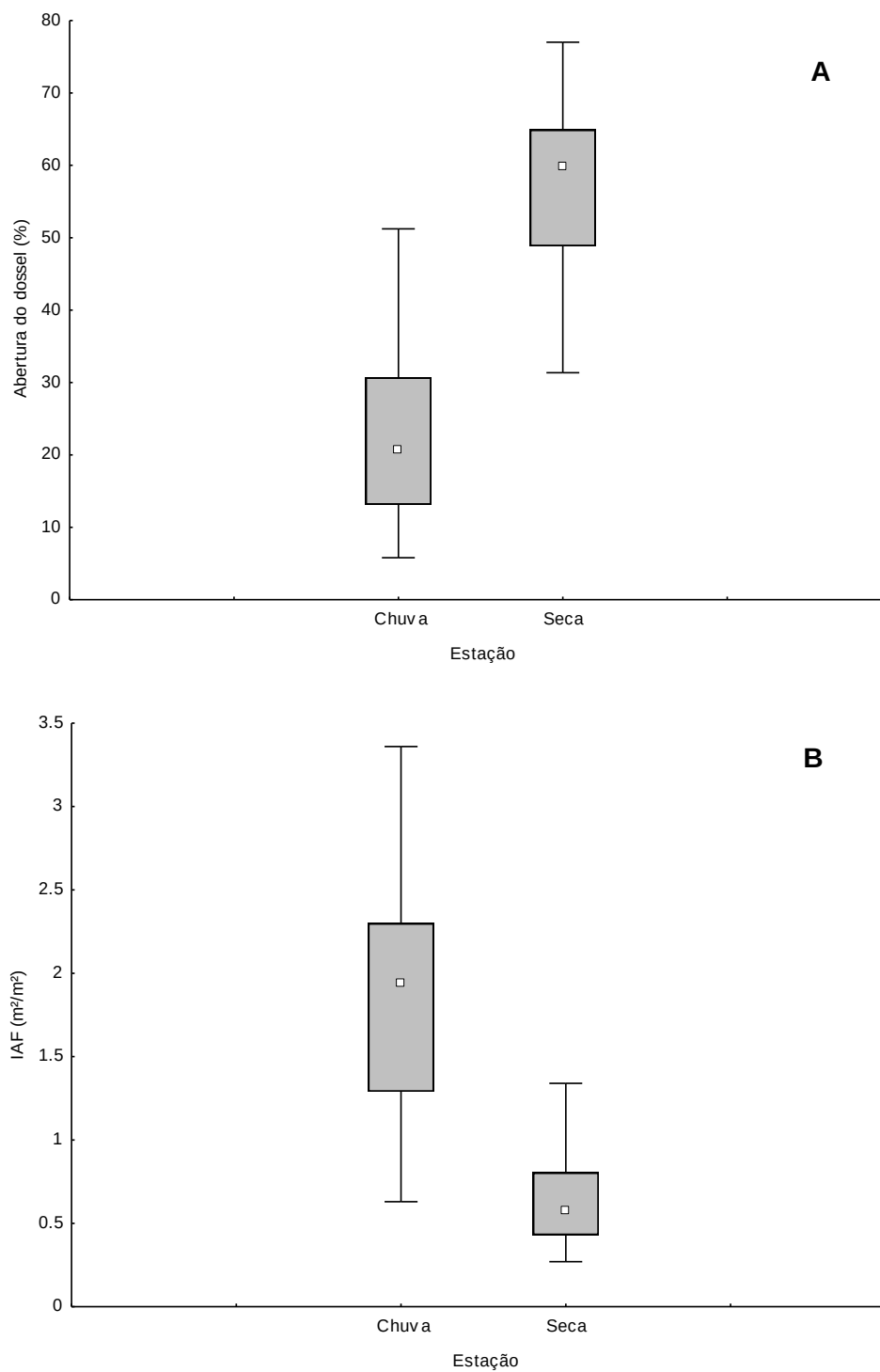


Figura 4: Box plots das estimativas de Abertura de Dossel (A) e Índice de Área Foliar (B) entre a estação chuvosa e seca para regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Análise Canônica da Vegetação e as variáveis ambientais

Durante a estação chuvosa, para a classe I da regeneração, as correlações entre as espécies e as variáveis ambientais nos eixos 1 e 2 foram altas, respectivamente 0,90 e 0,89. Os dois eixos explicaram 47,2% da variância cumulativa da relação espécies/ambiente (Tabela 2). As variáveis mais importantes nesta relação foram a abertura e altura do dossel, rochosidade e a cobertura do solo, sendo a presença de rochas e as variáveis do dossel os fatores mais importantes na ordenação canônica (Figura 2).

As espécies *Rhamnidium elaeocarpum*, *Casearia gossypiosperma*, *Trichilia elegans* e *Luehea grandiflora* foram mais influenciadas pela declividade do terreno, enquanto *Campomanesia velutina*, *Acacia polyphylla* e *Trichilia catigua* foram correlacionadas com a presença de rochas, sendo espécies comuns em áreas de afloramento basáltico nesta região do Triângulo Mineiro (Siqueira *et al.* 2009). As espécies *Piptadenia gonoacantha*, *Dilodendron bipinnatum* e *Bauhinia unguolata* foram mais correlacionadas com a cobertura do solo. A correlação entre as espécies e as variáveis ambientais foi consideravelmente significativa pelo teste Monte Carlo ($F= 1,576$; $p= 0,0020$).

Para a estação seca, as correlações espécie/ambiente foram significativas para os dois primeiros eixos, com valores de 0,90 e 0,87. Os dois eixos explicaram 44,9% da variância cumulativa da relação espécie/ambiente (Tabela 2).. Os fatores ambientais mais importantes foram a abertura do dossel, cobertura do solo, presença de bambu e rochosidade (Figura 3). Durante esta estação as variáveis do micro-relevo e cobertura assumiram uma maior importância na relação espécie/ambiente neste fragmento.

As espécies *Anadenathera colubrina*, *Tabebuia roseoalba* e *Acacia polyphylla* foram influenciadas diretamente pela presença de rochas. Durante a estação seca a espécie *Anadenathera colubrina* foi altamente correlacionada com a abertura do dossel, característica esta consistente com a distribuição esperada para uma espécie pioneira que coloniza áreas abertas. As espécies *Trichilia catigua*, *Campomanesia velutina* e *Erytroxylum deciduum* foram correlacionadas com as áreas com maior declividade e com maior altura do dossel. Por outro lado, as espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Alibertia sessilis* foram correlacionadas com a presença de bambu e a cobertura do solo, respondendo as variações na cobertura nos primeiros estratos do dossel. A correlação entre as espécies e o conjunto de variáveis ambientais foi significativa pelo Teste de Monte Carlo ($F=1,521$; $p=0,0060$).

Para a classe II da regeneração natural, na estação chuvosa, as correlações espécie/ambiente foram significativas nos dois primeiros eixos, respectivamente 0,86 e 0,84. Os dois eixos explicaram 51,3% da variância cumulativa da relação espécie/ambiente. Na estação chuvosa, a correlação entre as espécies e as variáveis ambientais foi menos evidente, sendo que os fatores mais importantes foram a abertura do dossel, rochosidade e declividade (Figura 4). As espécies *Dilodendron bipinnatum*, *Luehea grandiflora*, *Pouteria gardneri* e *Tabebuia roseoalba* foram mais influenciadas pela abertura do dossel. A rochosidade e a declividade aparecem como variáveis importantes, estando correlacionadas principalmente com a distribuição de *Casearia sylvestris*, *Eugenia florida*, *Rollinia sylvatica*, *Rhaminnidium elaeocarpum* e *Aspidosperma subincanum*. A correlação entre a distribuição das espécies e as variáveis ambientais foi significativa pelo Teste de Monte Carlo ($F = 1,207$; $p = 0,044$).

Para a estação seca (Figura 5), as correlações espécie-ambiente nos dois primeiros eixos foram significativas, sendo respectivamente 0,85 e 0,83. Os dois primeiros eixos explicaram 50,3% da variância cumulativa da relação entre as espécies e as variáveis ambientais (Tabela 3). A distribuição de espécies apresentou uma correlação menos evidente com as variáveis ambientais analisadas, sendo as variáveis mais importantes a rochosidade e a abertura do dossel. As espécies que possuem maior correlação com a rochosidade foram *Anadenanthera colubrina*, *Campomanesia velutina* e *Luehea grandiflora*, que são espécies comuns em FED sobre afloramento basáltico. A correlação entre as espécies e as variáveis ambientais foi significativa pelo Teste de Monte Carlo ($F = 1,175$; $p = 0,05$).

Tabela 2: Sumário da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para as estações seca e chuvosa para a classe I (4m²) da regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

	Eixo 1	Eixo 2
Estação seca		
Autovalores	0.416	0.401
Espécie/ambiente correlações:	0, 901	0, 872
Variância cumulativa dos dados		
dados das espécies	5.7	11.2
Relação espécie/ambiente:	22.9	44.9
Teste de Monte Carlo	F = 1.521	P = 0.006
Estação chuvosa		
Autovalores	0.475	0.406
Espécie/ambiente correlações:	0, 903	0, 890
Variância cumulativa dos dados		
dados das espécies:	6.5	12.1
Relação espécie/ambiente:	25.4	47.2
Teste de Monte Carlo	F = 1.576	P = 0.002

Tabela 3: Sumário da Análise de Correspondência Canônica (CCA) nas estações seca e chuvosa para a classe II (100 m²) da regeneração natural de um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

	Eixo 1	Eixo 2
Estação seca		
Autovalores	0.192	0.152
Espécie/ambiente correlações:	0.852	0.839
Variância cumulativa dos dados		
dados das espécies	5.7	10.3
relação espécie/ambiente:	28.1	50.3
Teste de Monte Carlo	F = 1.175	P = 0.058
Estação chuvosa		
Autovalores	0.196	0.162
Espécie/ambiente correlações:	0.862	0.841
Variância cumulativa dos dados		
dados das espécies:	5.9	10.7
relação espécie/ambiente:	28.1	51.3
Teste de Monte Carlo	F = 1.207	P = 0.044

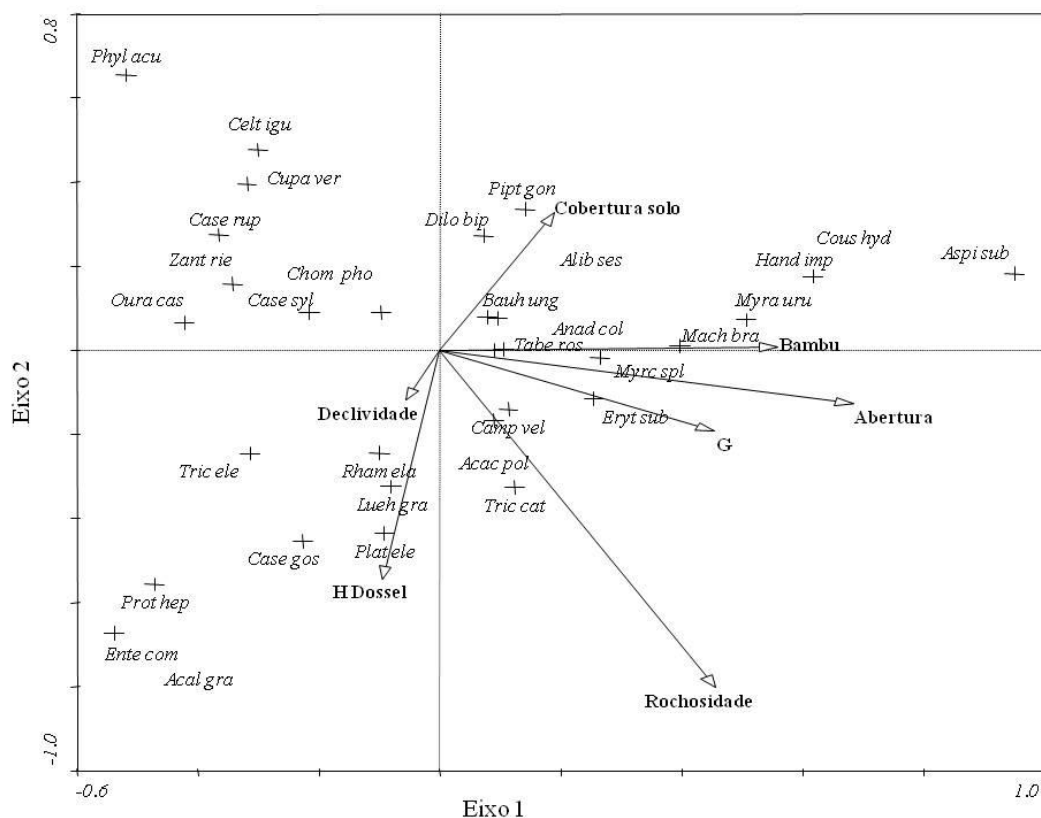


Figura 5: Análise de Correspondência Canônica para a classe I (4m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dados da estação chuvosa de Março de 2010. As espécies estão representadas por siglas (quatro primeiras letras do gênero e três primeiras do epíteto específico). (Cobertura do solo; Bambu = cobertura por bambu; Abertura = abertura do dossel; G = área basal; Rochosidade, H Dossel = altura do dossel; Declividade)

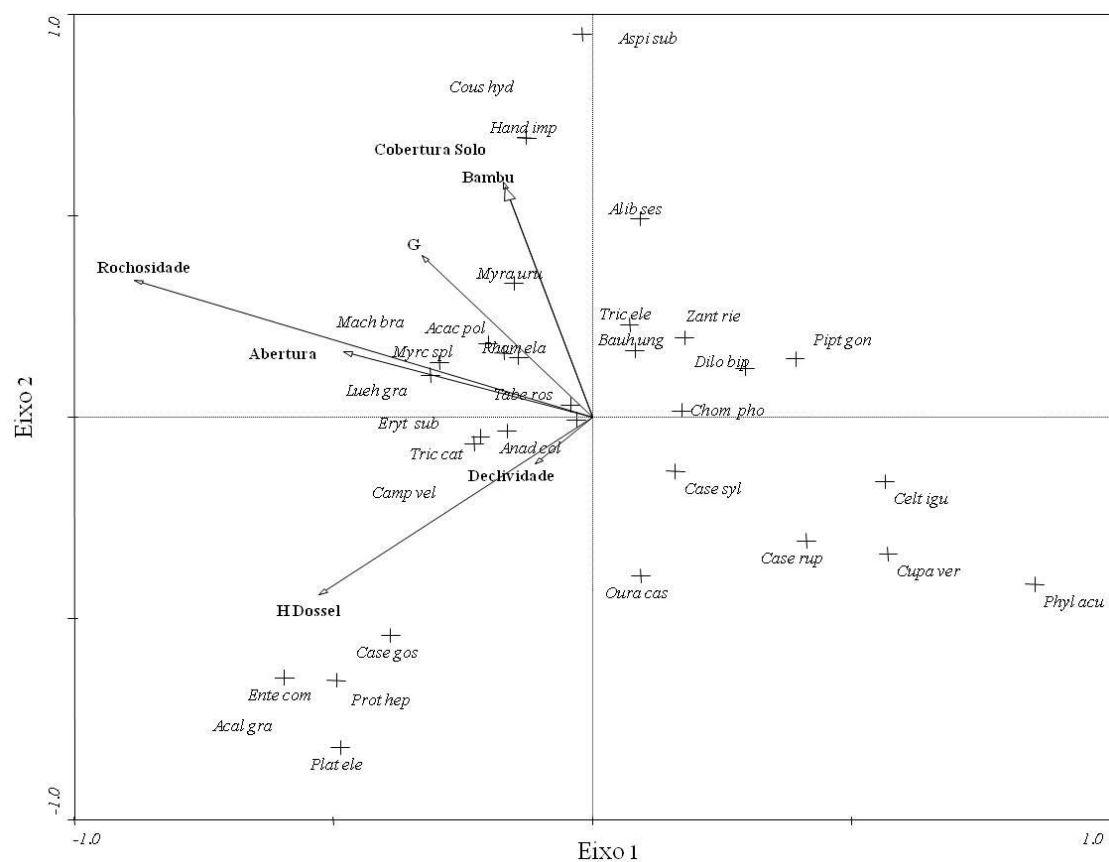


Figura 6: Análise de Correspondência Canônica para a classe I (4m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dados da estação seca de Agosto de 2010. As espécies estão representadas por siglas (quatro primeiras letras do gênero e três primeiras do epíteto específico). (Cobertura do solo; Bambu = cobertura por bambu; Abertura = abertura do dossel; G = área basal; Rochosidade, H Dossel = altura do dossel; Declividade)

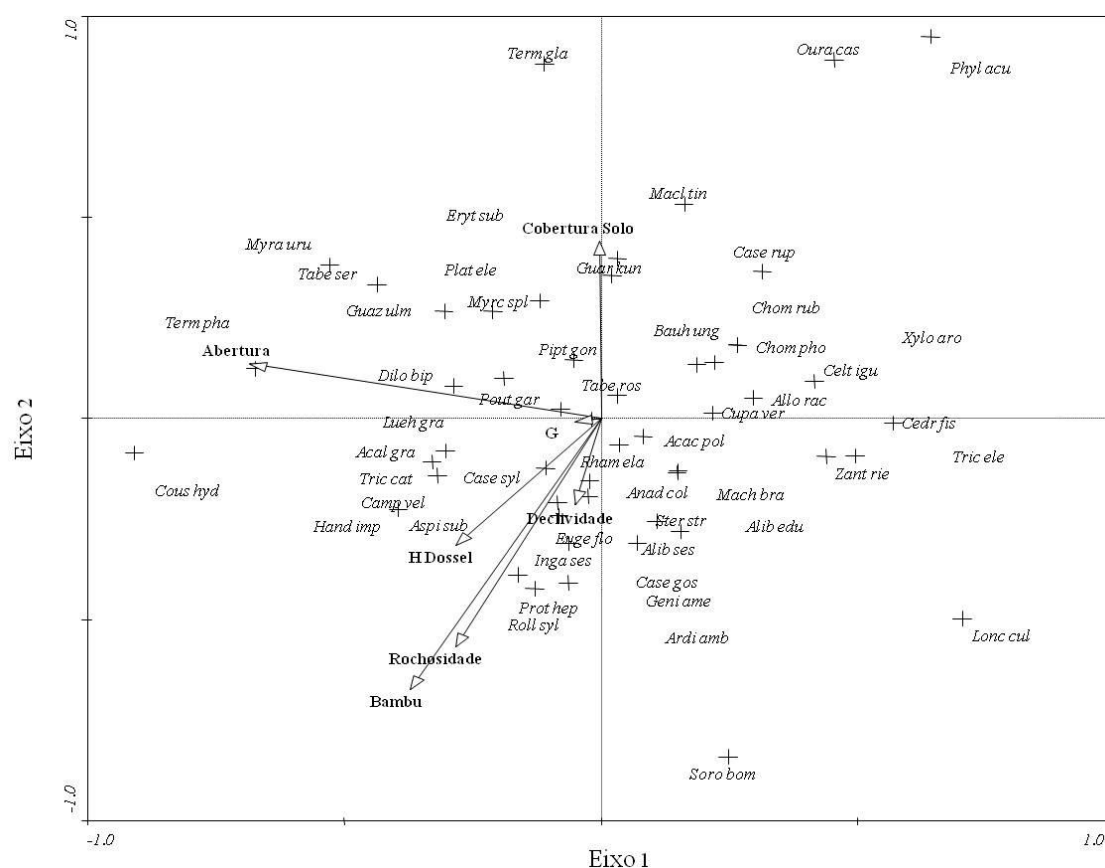


Figura 7: Análise de Correspondência Canônica para a classe II (100 m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dados da estação chuvosa de Março de 2010. As espécies estão representadas por siglas (quatro primeiras letras do gênero e três primeiras do epíteto específico). (Cobertura do solo; Bambu = cobertura por bambu; Abertura = abertura do dossel; G = área basal; Rochosidade, H Dossel = altura do dossel; Declividade)

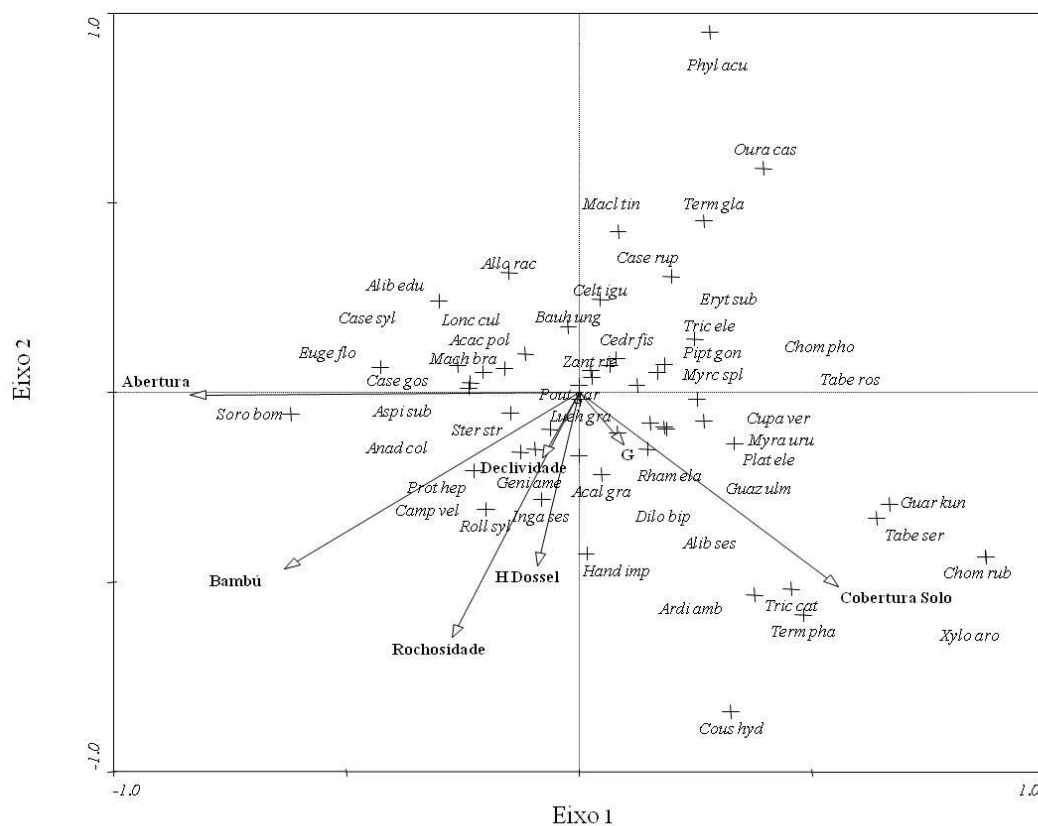


Figura 8: Análise de Correspondência Canônica para a classe II (100 m²) para a regeneração natural em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dados da estação seca de Agosto de 2010. As espécies estão representadas por siglas (quatro primeiras letras do gênero e três primeiras do epíteto específico). (Cobertura do solo; Bambu = cobertura por bambu; Abertura = abertura do dossel; G = área basal; Rochosidade, H Dossel = altura do dossel; Declividade).

DISCUSSÃO

As estimativas quantitativas de abertura do dossel através de fotografias hemisféricas em florestas estacionais deciduais sobre afloramento basáltico no Triângulo Mineiro são inéditas, fornecendo dados importantes para comparações futuras em florestas estacionais deciduais na região do Brasil Central. A abertura do dossel é um importante indicador da geometria básica do dossel e da penetração de radiação solar nas formações vegetais (Walter *et al.* 1997).

No presente estudo, a abertura do dossel na estação chuvosa foi inferior a 30 % e na estação seca em média superior a 50 %, com o IAF sendo muito superior na estação chuvosa. A abertura do dossel em duas áreas de floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no Vale do Paranã em Goiás foi superior a 50 % na estação seca, chegando a 84,9% na área situada na Fazenda Forquilha em Guarani – GO (Nascimento *et al.* 2007), sendo que esses valores são similares aos encontrados no presente trabalho..

As florestas estacionais deciduais e as florestas tropicais úmidas são ambientes com padrões ecológicos e ambientais distintos, mesmo assim, a comparação dos valores médios de abertura do dossel e IAF entre as duas fisionomias é importante para exemplificar a influência da sazonalidade climática nas FED. A abertura do dossel mostra que existem diferenças significativas na incidência luminosa entre as estações seca e chuvosa e que provavelmente essa diferença influencia o estabelecimento do componente da regeneração natural. Em um trabalho realizado na Costa Rica, os resultados mostram que existem relações significativas entre a disponibilidade de luz e a distribuição das espécies da regeneração natural, sendo que essa relação também é altamente dependente do histórico de uso e ocupação da

paisagem (Nicotra *et al.* 1999). A abertura do dossel parece ser o parâmetro mais sensível para expressar a heterogeneidade espacial da estrutura da floresta e está fortemente relacionada ao potencial de regeneração natural nas formações florestais (Trichon *et al.* 1998).

A sazonalidade climática em grande escala influencia na composição e na diversidade das espécies em florestas estacionais decíduais. A análise de diversas variáveis geoclimáticas (latitude, longitude, índices pluviométricos, distância do mar, duração da estação seca, dentre outras) mostrou que a distribuição das FED na América do Sul foi correlacionada diretamente com a duração da estação seca ao longo do ano, característica esta marcante neste tipo de formação (Oliveira-Filho *et al.* 2006). As diferenças de abertura do dossel entre as duas estações do ano encontradas no presente estudo corroboram a idéia de que as mudanças contrastantes na abertura do dossel são importantes na distribuição das espécies na floresta, principalmente durante a estação seca. Nesse período, as condições climáticas podem ser limitantes e selecionam a sobrevivência das espécies componentes da regeneração natural. A distribuição e densidade das espécies estão correlacionadas com fatores críticos como a abertura do dossel e os gradientes de topografia do solo (Oliveira-Filho *et al.* 1998).

Para as duas classes da regeneração, os parâmetros abióticos declividade e rochosidade nas duas estações (chuva e seca) e abertura de dossel (estação seca) foram mais fortemente correlacionadas com a densidade de espécies na FED. Essas variáveis parecem influenciar mais a densidade da regeneração natural do que presença de bambu, área basal, cobertura do solo e altura do dossel. Assim como no presente trabalho, na Península de Yucatán no norte do México, a distribuição das espécies arbóreas da comunidade foi claramente relacionada com a topografia (inclinação do terreno) e com a presença de cobertura rochosa (White & Hood, 2004). Dentre as

diversas variáveis ambientais analisadas no presente trabalho, a rochosidade e a topografia parecem determinar fortes gradientes ambientais, que por sua vez determinam a distribuição e a densidade das principais espécies componentes dessa FED, como por exemplo *Anadenanthera colubrina* e *Campomanesia velutina*.

Estes dois fatores (topografia e presença de rochas) em florestas estacionais decíduais podem aumentar a heterogeneidade ambiental, criando micro ambientes com valores distintos de cobertura do dossel e solos mais lixiviados e com a presença de elementos distintos, conforme encontrado no presente trabalho. As variações topográficas nas formações florestais acabam criando microambientes com elevada heterogeneidade ambiental, favorecendo uma maior diversidade local (Souza *et al.* 2003). Os gradientes topográficos, histórico de uso e tipos de manejo da vegetação influenciaram diretamente na densidade e diversidade da regeneração natural, em condições de floresta estacional semidecidual em Uganda, na África (Mwavu & Witkowski, 2009).

A rochosidade, presença de bambu e declividade impõem barreiras físicas e aumentam a variação na umidade do terreno, constituindo os principais gradientes físicos determinantes da regeneração em uma formação ripária em Nova Xavantina, MT (Marimon *et al.* 2010). As modificações nos gradientes ambientais criam possibilidades para o estabelecimento e a manutenção de diversas espécies que se aproveitam dessas condições momentâneas, como modificações na umidade do solo e surgimento de clareiras no dossel.

A cobertura do solo pelas espécies arbóreas está relacionada à densidade das espécies, principalmente na classe I da regeneração natural, tanto na estação chuvosa como na estação seca. Comparando fragmentos de FED intactos e áreas com corte seletivo de madeira, a cobertura do solo foi relacionada com a abertura do dossel,

sendo que nas áreas com o corte seletivo de madeira apresentam maior cobertura do solo devido à maior incidência luminosa (Frederiksen & Mostacedo, 2000; Vieira & Scariot, 2008).

A área basal nas parcelas foi uma variável que apresentou uma pequena correlação com a densidade das espécies, mostrando ser pouco importante na relação espécies/variáveis ambientais em relação às outras variáveis analisadas. No Chaco argentino, a área basal teve grande influência na densidade da regeneração natural, onde o número de regenerantes foi negativamente correlacionado com a área basal das parcelas, sendo que aquelas que possuíam menor área basal apresentaram um maior número de indivíduos regenerantes (Wenzel & Hampel, 1998).

As variáveis ambientais desempenham um papel fundamental na distribuição das espécies, interagindo entre si e formando gradientes ambientais. Nesse sentido, as espécies ocorrem associadas a determinados fatores, formando mosaicos e favorecendo a dominância de determinadas espécies. No caso do presente trabalho, a dominância de *Anadenanthera colubrina* pode estar relacionada principalmente às variações na topografia do terreno, a presença de rochas basálticas e aos diferentes regimes de luz na FED. As condições climáticas ideais e a adaptabilidade da espécie *Anadenanthera colubrina* parecem ser características importantes para uma futura utilização sustentável da espécie como recurso florestal, favorecendo o seu uso contínuo, estimulando a sua regeneração natural e por consequência promovendo a conservação das demais espécies desse remanescente de FED.

CONCLUSÕES

As estimativas de abertura do dossel e de IAF apresentaram diferenças significativas entre as estações chuvosa e seca. Essas diferenças foram marcantes, sendo que na estação chuvosa os valores de abertura do dossel estão próximos dos 30% enquanto na estação seca, os valores observados foram superiores a 50%, podendo chegar a 77% em algumas amostras. Estes elevados valores de abertura (estação seca) e a marcante mudança na estrutura do dossel entre as duas estações proporcionam uma maior variação na incidência luminosa no sub-bosque e no solo em condições de FED.

As variáveis ambientais (rochosidade e declividade) e biofísicas (abertura, altura do dossel, cobertura por bambu e cobertura do solo) foram mais fortemente correlacionadas com a densidade de espécies na FED, mostrando que essas variáveis são importantes na distribuição das espécies arbóreas em regeneração natural e evidenciando um forte gradiente ambiental. As variáveis mais importantes nesta relação foram a rochosidade e declividade em ambas as estações e abertura do dossel e cobertura do solo durante a estação seca. Os resultados da Análise de Correspondência Canônica sugerem considerável relação entre as variáveis ambientais e densidade de espécies, pois foi suficiente para explicar todas as interações com uma grande porcentagem da variância cumulativa dos dados e também com valores significativos para o Teste de Monte Carlo em todas as interações.

O gradiente de variáveis ambientais mostrou que essa formação florestal é influenciada por diversos fatores ambientais (micro-relevo e biofísicos) e que a sazonalidade climática e a ocorrência de eventos estocásticos (como a abertura de clareiras na estação chuvosa) podem influenciar no estabelecimento e na manutenção das espécies em regeneração natural na comunidade arbórea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez-Yépiz, J.C.; Martínez-Yrizar, A.; Búrquez, A.; Lindquist, C. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. **Forest Ecology and Management** **256**: 355–366.

Bawa, K. S.; Seidler, R. 1998. Natural forest management and conservation of biodiversity in tropical forests. **Conservation Biology** **12(1)**: 46-55.

Felfili, J. M.; Carvalho, F. A.; Haidar, R. F. 2005. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. Brasília. 60p.

Floyd, D.A.; Anderson, J.A. 1987. A comparison of three methods for estimating plant cover. **Journal of Ecology** **75**: 221-228.

Fredericksen T.S.; Mostacedo B. 2000. Regeneration of timber species following selective logging in a Bolivian tropical forest. **Forest Ecology and Management** **131**: 47–55.

Hair, J.H.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L.; Black, W. 2005. **Análise multivariada de dados**. 5ª Edição. Bookman edições. Porto Alegre. 593p.

Kent, M.; Coker, P. 1992. **Vegetation description and analysis**. Belhaven Press. London. 363 p.

Marimon, B. S.; Felfili, J. M. ; Lima, E. S.; Marimon-Júnior, B. 2010. Environmental determinants for natural regeneration of gallery forest at the Cerrado/Amazonia boundaries in Brazil. **Acta Amazonica** **40**: 107-118.

Mitchell, P. L.; Whitmore, T. C. 1993. **Use of hemispherical photographs in forest ecology: calculation of absolute amount of radiation beneath the canopy**. OFI Occasional Papers 44, Oxford Forestry Institut, Oxford. 39p.

Mwavu, E. N.; Witkowski, E. T.F. 2009. Seedling regeneration, environment and management in a semi-deciduous African tropical rain forest. **Journal of Vegetation Science** **20**: 791–804

Nascimento, A.R.T.; Scariot, A.; Silva, J.A.; Sevilha, A. 2004. Estimativas de área basal e uso do relascópio de Bitterlich em amostragem de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal** **14 (2)**: 169-176.

Nascimento, A.R.T.; Fagg, J.M.F; Fagg, C.W. 2007. Canopy openness and lai estimates in two seasonally deciduous forests on limestone outcrops in Central Brazil using hemispherical photographs. **Árvore** **31 (1)**: 167-176.

Nascimento, A.R.T.; Araújo, G.M.; Felfili, J.M. 2009. Seasonally dry deciduous forests: diversity and soils in arboreal communities. In: UNESCO (org.) **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**. Oxford, UK: Unesco/Eolss Publishers, v.1. p. 27-40.

Nicotra, A.B.; Chazdon, R.L.; Iriarte, S.V.B.1999. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. **Ecology** **80(6)**: 1908-1926.

Oliveira-Filho, A. T.; Mello, J. M.; Scolforo, J.R. S. 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987–1992). **Plant Ecology** **131 (1)**: 45-66.

Oliveira-Filho, A.T.; Curi, N.; Vilela, E.A.; Carvalho, D.A. 1998. Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. **Biotropica** **30 (3)**: 362-375.

Oliveira-Filho, A.T.; Jarenkow, J.; Rodal, M. 2006. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In: Pennington, R.T.; Lewis, G.P.; Ratter, J.A. (eds.) **Neotropical Savannas and Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation**. CRC Press, New York. p. 159–192.

Péllico Neto, S.; Brena, D.A. 1997. **Inventário Florestal**. Editado pelos autores. Curitiba. 316p.

Pereira, J. A. A.; Oliveira-Filho, A. T.; Lemos Filho, J. P. 2007. Environmental heterogeneity and disturbance by humans control much of the tree species diversity of fragments of tropical montane seasonal forests in SE Brazil. **Biodiversity and Conservation** **16**: 1761-1784.

Pennington, R.T.; Lavin, M.; Oliveira-Filho A. 2009. Woody plant diversity, evolution and ecology in the tropics: Perspectives from seasonally dry tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics** **40**: 437–457.

Pinard, M. A.; Putz, F. E.; Rumíz, D.; Guzmán, R.; Jardim, R. 1999. Ecological characterization of tree species for guiding forest management decisions in seasonally dry forests in Lomerío, Bolivia. **Forest Ecology and Management** **131**: 201–213.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.) **Cerrado: ecologia e flora**. EMBRAPA – CPAC. Planaltina. p. 153-212.

Scariot, A.; Sevilha, A.C. 2003. Desmatamento e fragmentação do Cerrado: Destruição das florestas estacionais e conservação da biodiversidade In: Sales, V.C. (org.) **Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Expressão Gráfica e Editora. Fortaleza. p.163-169.

Siqueira, A.S.; Araújo, G.M.; Schiavini, I. 2009. Estrutura do componente arbóreo e características edáficas de dois fragmentos de floresta estacional decidual no vale do rio Araguari, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **23(1)**: 10-21.

Silva-Júnior, M.C.; Furley, P.A.; Ratter, J.A. 1996. Variations in tree communities and soils with slope in gallery forest, Federal District, Brazil. In: Anderson, M.G. ; Brooks, S.M. (eds.) **Advances in hill slope processes**. John Wiley & Sons. London. p. 451-469.

Souza, J. S.; Espírito-Santo, F.D.B; Fontes, M.A.L.; Oliveira-Filho, A.T.; Botezelli, L. 2003. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras-MG. **Árvore** 27 (2): 185-206.

Souza, J.P.; Araújo, G.M.; Haridasan, M. 2007. Influence of soil fertility on the distribution of tree species in a deciduous forest in the Triângulo Mineiro region of Brazil. **Plant Ecology** 191: 253-263.

StatSoft, Inc. 2007. **STATISTICA for windows (data analysis software system)**, version 8.0. www.statsoft.com.

ter Braak, C.J.F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio** 69: 69-77.

ter Braak, C.J.F. 1995. Ordination. In: Jongman, R.H.G.; ter Braak, C.F.J.; Van Tongeren, O.F.R. (eds.) **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge University Press. Cambridge. p. 91-173.

ter Braak, C.J.F. ; Smilauer, P. 2003. **CANOCO® for Windows Version 4.5**. Centre for Biometry, Wageningen, The Netherlands.

Trichon, V.; Walter, J.M.N.; Laumonier, Y . 1998. Identifying spatial patterns in the tropical rain forest structure using hemispherical photographs. **Plant Ecology** 137 (2): 227-244.

Vieira, D.L.M.; Scariot, A. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology** 14:11–20

Vieira, D.L.M.; Scariot, A. 2008. Environmental Variables and tree population structures in deciduous forests of Central Brazil with different levels of logging. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 51(2): 419-431.

Walter, J.M. N.; Torquebiau, E. F. 1997. The geometry of the canopy of a dipterocarp rain forest in Sumatra. **Agricultural and Forest Meteorology** 85: 99 -115.

Webb, E. L. 1997. Canopy removal and residual stand damage during controlled selective logging in lowland swamp forest of northeast Costa Rica. **Forest Ecology and Management** 95: 117-129.

Wenzel, M.; Hampel, H. 1998 Regeneración de las principales especies arbóreas del Chaco húmedo argentino. **Quebracho** (6): 5-18.

White, D.A.; Hood, C.S. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. **Journal of Vegetation Science** 15: 151-160.

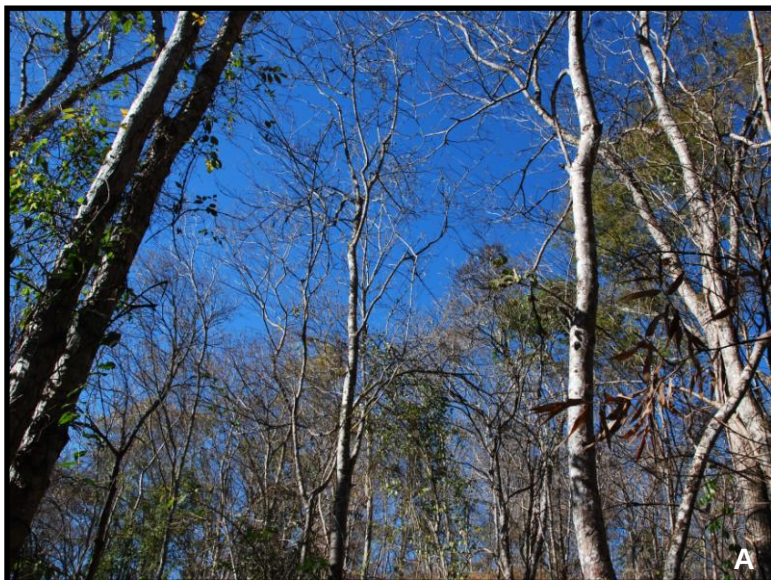
Whitmore, T.C.; Brown, N. D. ; Swaine, M.D.; Kennedy, D.; Goodwin-Bailey, C. I. Gong, W.-K. 1993. Use of hemispherical photographs in forest ecology: Measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 9 (2):131-151.

Zar, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. 4ªedição. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 663p

ANEXOS



Anexo I: Aspecto da regeneração natural (A) e de uma clareira natural (B) durante a estação chuvosa (Abril de 2010) em floresta estacional decidual, Uberlândia, MG. Fotos: A.R.T. Nascimento.



Anexo II: Aspecto do dossel (A) e da estrutura da floresta estacional decidual (B) durante a estação seca (Agosto de 2010), Uberlândia, MG. Fotos: P.P.F.Silva.