

Universidade de Brasília

Instituto de Biologia

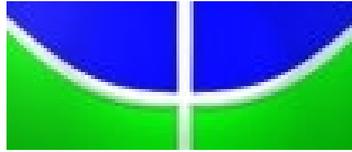
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Análise de populações de *Sterculia apetala* em diferentes cenários de manejo da paisagem e sua influência no oferecimento futuro de habitat reprodutivo para *Anodorhynchus hyacinthinus* no Pantanal

Antônio dos Santos Júnior

Brasília – DF

2010



Universidade de Brasília

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Tese de Doutorado

Análise de populações de *Sterculia apetala* em diferentes cenários de manejo da paisagem e sua influência no oferecimento futuro de habitat reprodutivo para *Anodorhynchus hyacinthinus* no Pantanal

Antônio dos Santos Júnior

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UnB, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ecologia

Orientador: Prof. Dr. John D. V. Hay

Brasília – DF

2010

Antônio dos Santos Júnior

Análise de populações de *Sterculia apetala* em diferentes cenários de manejo da paisagem e sua influência no oferecimento futuro de habitat reprodutivo para *Anodorhynchus hyacinthinus* no Pantanal

Tese aprovada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ecologia. Brasília, 30 de abril de 2010

Dr. John Du Vall Hay

Orientador – Universidade de Brasília

Dr. Aldicir Osni Scariot

Membro Titular - EMBRAPA

Dra. Helena Castanheira de Moraes

Membro Titular – Universidade de Brasília

Dra. Iria Hiromi Ishii

Membro Titular – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Dra. Neiva Maria Robaldo Guedes

Membro Titular – Universidade Anhanguera UNIDERP

Dr. Raimundo Paulo Barros Henriques

Membro Suplente – Universidade de Brasília

Errata

Onde se lê:

Análise de populações de *Sterculia apetala* em diferentes cenários de manejo da paisagem e sua influência no oferecimento futuro de habitat reprodutivo para *Anodorhynchus hyacinthinus* no Pantanal

Leia-se:

Análise de populações de *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst (MALVACEAE) em diferentes cenários de manejo da paisagem e sua influência no oferecimento futuro de habitat reprodutivo para *Anodorhynchus hyacinthinus* (Latham, 1720) (PSITTACIDAE) no Pantanal

Agradecimentos

- À minha esposa Andrelisse Arruda, pelo inquestionável estímulo e apoio. Eu amo você!
- Aos meus pais (Antônio e Anésia), por terem me forjado um homem persistente e perseverante. Sem estas características eu jamais teria alcançado meu objetivo.
- À minha filha Maria Eduarda, por sempre sorrir. Papai passou na prova!
- Às minhas irmãs (Márcia Regina e Jamile), por cuidarem da Duda durante todo este tempo. Ajuda foi indispensável para que eu tivesse a tranquilidade necessária para ficar tanto tempo longe (Você também mãe!).
- Ao Prof. Dr. John Hay, pela oportunidade e incentivo para me aprofundar no estudo de ecologia de populações de plantas.
- Ao meu amigo Walfrido, pelas conversas megalomaniacas sobre o delineamento do estudo e análise de dados.
- À Embrapa Pantanal por acreditar no trabalho e disponibilizar a estrutura necessária para a execução da coleta de dados.
- A todas as pessoas que me deram abrigo, alimento, café ou boa conversa ao longo das incontáveis viagens entre Brasília e o Pantanal. Vó Aparecida (*in memoriam*) Claudinéia, Arlinda, Genaldo, Alcineide, Walfrido, Alessandro, Cezar, Lia, Grace, Marco, Paulo, Maurício, Rafael, Marciano, Fred Taka, entre outros que peço em não me recordar.
- Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UnB pelo tempo dedicado à minha formação acadêmica.
- Aos membros da banca avaliadora, pelas valiosas contribuições para a melhoria do conteúdo deste trabalho.
- A todas as outras pessoas que fizeram parte da minha história com o manduvi. Profa. Neiva, Profa. Iria, Dra. Suzana, Armindo, Murilo, Denis, Moacir, Marcos Tadeu, Marcos José, Gaúcho, Henrique e todo o pessoal da Fazenda Nhumirim.
- Aos proprietários das Fazendas Ipanema e Santo Expedito que permitiram a execução do estudo em suas terras.
- Ao CNPq pela concessão de bolsa de doutorado (processo 141187/2007-7)

Este trabalho é dedicado ao meu pai, Antônio dos Santos (*Vô Toninho*).

Deu-me uma infância tranqüila e adorável.

Ensinou-me a importância da dedicação ao trabalho.

Esteve ao meu lado quando mais precisei.

O sucesso também é seu!

“É tolo tentar responder uma questão que você não entende. É triste ter que trabalhar para um fim que você não deseja. Coisas tristes e tolas como estas freqüentemente acontecem (...). O estudante deve entender o problema. Mas não basta que ele o entenda. É necessário que ele deseje a sua solução”

G. Polya

Sumário

Sumário.....	8	
Lista de Figuras.....	12	
Lista de tabelas.....	15	
Resumo.....	17	
Abstract.....	19	
Introdução geral.....	21	
Hipótese.....	29	
Objetivos específicos.....	30	
Capítulo I	Probabilidade de reprodução, estimativa de produção de sementes e vigor da germinação em <i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) Karst no Pantanal.....	31
	Resumo.....	31
	Abstract.....	32
	Introdução.....	33
	Metodologia.....	34
	Área de estudo.....	34
	Crescimento diametral cumulativo.....	36
	Probabilidade de reprodução.....	36
	Produção de sementes.....	36
	Estimativa da produção individual de sementes.....	37

Análise do vigor da germinação.....	37
Resultados.....	38
Fases de desenvolvimento observado pelo crescimento cumulativo em diâmetro.....	38
Efeito do tamanho na probabilidade de reprodução.....	39
Número médio de sementes produzidas por árvores reprodutivas.....	40
Produção de sementes por árvore adulta.....	41
Diferença no vigor da germinação de sementes de árvores que crescem em floresta e pastagem.....	42
Diferença no vigor das plântulas de sementes de árvores que crescem em floresta e pastagem.....	43
Discussão.....	44
Conclusão.....	49

Capítulo II

Sobrevivência e mortalidade de <i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) Karst (Malvaceae) sob diferentes cenários de manejo da paisagem no Pantanal.....	50
Resumo.....	50
Abstract.....	51
Introdução.....	51
Metodologia.....	52
Área de estudo.....	52
Cenários de estudo.....	53
Descrição da estrutura da vegetação dos cenários de estudo.....	55
Amostragem da população de <i>Sterculia apetala</i> em cada cenário de estudo.....	56
Classificação de indivíduos de <i>Sterculia apetala</i> em estágios ontogenéticos.....	57

Análise populacional da estrutura populacional de <i>Sterculia apetala</i> baseada em estágios ontogenéticos.....	58
Análise populacional da dinâmica populacional de <i>Sterculia apetala</i> empregando tabela de vida.....	58
Resultados.....	59
Estrutura florestal nos cenários de manejo da paisagem.....	59
Estrutura populacional de <i>Sterculia apetala</i> nos cenários de manejo da paisagem.....	61
Entre anos.....	61
Entre cenários.....	61
Dinâmica populacional de <i>Sterculia apetala</i> nos cenários de manejo.....	65
Discussão.....	72
O efeito do histórico de manejo da paisagem sobre a estrutura populacional de <i>Sterculia apetala</i>	73
Dinâmica populacional de <i>Sterculia apetala</i> nos cenários de manejo da paisagem: curvas de sobrevivência.....	73
Dinâmica populacional de <i>Sterculia apetala</i> nos cenários de manejo da paisagem: curvas de mortalidade.....	75
Limitações do estudo.....	77
Conclusão.....	78

Capítulo III

Sucessão ecológica de aves em cavidades nos troncos de árvores de <i>Sterculia apetala</i> (Jacq.)	
Karst (Malvaceae) no Pantanal.....	79
Resumo.....	79
Abstract.....	79

Introdução.....	80
Material e métodos.....	80
Resultados.....	81
Discussão.....	82
Aspectos da colonização de cavidades em árvores como habitat reprodutivo por aves.....	82
Disponibilidade de troncos para escavação.....	85
Capacidade de escavar uma cavidade.....	85
Porte do adulto reprodutivo da espécie.....	86
Conclusão.....	88
Considerações finais.....	89
Referências bibliográficas.....	94

Lista de figuras

- Figura 1.** Árvore adulta e emergente de *Sterculia apetala* em floresta estacional semidecidual no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS, Fazenda Nhumirim (Foto: A. Santos Jr)..... 21
- Figura 2.** Flores unissexuais em árvore reprodutiva de *Sterculia apetala* em floresta estacional semidecidual no Pantanal, sub-região do Paiaguás, MS, Fazenda União (Foto: W. Tomas)..... 23
- Figura 3.** Frutos maduros e sementes de *Sterculia apetala* coletados em floresta estacional semidecidual no Pantanal, sub-região do Aquidauana, MS, Fazenda Santa Maria (Foto: C. Corrêa)..... 24
- Figura 4.** Vista parcial da madeira de *Sterculia apetala* após polimento no laboratório de botânica da Universidade do Estado de Mato Grosso do Sul, Campus de Corumbá. (Foto: A. Santos Jr)..... 25
- Figura 5.** Filhote emplumado de *Anodorhynchus hyacinthinus* dentro de cavidade-ninho em tronco de *Sterculia apetala*. Pantanal, sub-região do Barão de Melgaço, Fazenda São Francisco do Perigara. (Foto: G. Silva)..... 26
- Figura 6.** Árvore adulta de *Sterculia apetala* poupada em área desflorestada, porém, após uma tempestade, teve a copa quebrada, sub-região do Aquidauana, MS, Fazenda Santa Maria. (Foto: C. Correa)..... 27
- Figura 7.** Ninho artificial instalado pelo Projeto Arara Azul e utilizado durante a estação reprodutiva de 2005 por *Anodorhynchus hyacinthinus* em área onde há carência de árvores adultas de *Sterculia apetala* com cavidades-ninho. Pantanal, sub-região do Miranda, Fazenda Cayman, base de campo do Projeto Arara Azul. (Foto: C. Corrêa)..... 28
- Figura 8.** Localização das áreas de amostragem de parâmetros reprodutivos de *Sterculia apetala*. Área 1, Fazenda Nhumirim, Área 2, Fazenda Ipanema. Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Corumbá, MS..... 35

Figura 9.	Curva de incremento cumulativo em diâmetro de cinco árvores de <i>Sterculia apetala</i> (N=5) no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. A linha preta indica o limite entre as duas fases de desenvolvimento, quando as árvores superam o dossel e passam a investir no crescimento secundário, aumentando a variação no crescimento diametral.....	39
Figura 10.	Regressão logística relatando a probabilidade de evento reprodutivo de árvores de <i>Sterculia apetala</i> como uma função do diâmetro na altura do peito (DAP), no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS.....	40
Figura 11.	Modelo de regressão linear da área da copa de árvores de <i>Sterculia apetala</i> em função do diâmetro na altura do peito (DAP), no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS.....	41
Figura 12.	Emergência de plântulas de <i>Sterculia apetala</i> em teste de vigor de germinação em viveiro, testando sementes coletadas em floresta e em pastagens no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. ● Média de plântulas emergidas de sementes coletadas de árvores no interior de floresta estacional semidecidual; ○ Desvio padrão da média de plântulas emergidas de sementes coletadas de árvores no interior de floresta estacional semidecidual; □ Média de plântulas emergidas de sementes coletadas de árvores isoladas em pastagem de <i>Brachiaria</i> spp.; Δ Desvio padrão da média de plântulas emergidas de sementes coletadas de árvores isoladas em pastagem de <i>Brachiaria</i> spp.....	43
Figura 13.	Localização dos cenários de manejo da paisagem onde as coletas de dados foram realizadas. 1) Fazenda Santo Expedito, área 1, cenário Braquiária; 2) Fazenda Ipanema, área 2, cenário Braquiária; 3) Fazenda Nhumirim, área 3, cenário Reserva e 4) Fazenda Nhumirim, área 4, cenário Tradicional. Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Corumbá, MS.....	55
Figura 14.	Vista parcial da floresta estacional semidecidual amostrada no cenário Reserva após incêndio florestal ocorrido em setembro de 2005. Pantanal, sub-região da Nhecolândia. Fazenda Nhumirim, Corumbá, MS. (Foto: W. Tomas).....	60

- Figura 15.** Distribuição de indivíduos de *Sterculia apetala* em estágios ontogenéticos para três cenários de manejo, no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. O quadro apresenta o sumário estatístico da prova de Kolmogorov-Smirnov para testar a variação da estrutura populacional de *Sterculia apetala* entre os três cenários de manejo da paisagem. (1) Plântulas estabelecidas; 2) Imaturos; 3) Jovens; 4) Adultos; 5) Senis)..... 64
- Figura 16.** Curvas de sobrevivência ($\text{Log}_{10} l_x$) e mortalidade (q_x) de populações de *Sterculia apetala* para os anos 2007 a 2010 nos cenários de manejo **Reserva (a, b)**, **Tradicional (c, d)** e **Braquiária (e, f)**, no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. 1) Plântulas estabelecidas; 2) Imaturos; 3) Jovens; 4) Adultos; 5) Senis..... 70
- Figura 17.** Porcentagem de sobrevivência de um grupo de indivíduos de *Sterculia apetala* com Diâmetro na Altura do Peito superior a 50 cm marcados em janeiro de 2007. ▲=Reserva (N=11); ●=Braquiária (N=33); ■=Tradicional (N=24)..... 71
- Figura 18.** Distribuição hipotética de troncos em função do diâmetro a altura do peito em uma floresta tropical (**cinza**) e Distribuição hipotética de troncos que abrigam cavidades-ninho de aves em função do diâmetro a altura do peito em uma floresta tropical (**preto**)..... 86

Lista de tabelas

- Tabela 1.** Diâmetro a altura do peito (DAP), área da copa e estimativa do número de sementes produzidas por árvores de *Sterculia apetala* no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. (A área da copa foi obtida empregando a fórmula da elipse e o modelo linear relacionando a área da copa em função do DAP. O número de sementes foi obtido pela multiplicação da média de sementes por metro quadrado e a área da copa estimada)..... 42
- Tabela 2.** Vigor médio das plântulas de *Sterculia apetala* após teste de germinação em viveiro. O teste utilizou sementes coletadas em árvores crescendo em floresta e isoladas em pastagens no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. (Min: valor mínimo amostrado; Med: valor médio estimado; DP: desvio padrão; Max: valor máximo amostrado)..... 44
- Tabela 3.** Estimativas dos parâmetros florestais para os três cenários de manejo da paisagem analisados no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Diâmetro na Altura do Peito (DAP), Altura total (Ht) e densidade florestal por hectare (obtida pelo método do ponto quadrante). (Min: valor mínimo amostrado; Med: valor médio estimado; DP: desvio padrão; Max: valor máximo amostrado)..... 61
- Tabela 4.** Sumário estatístico da prova de Kolmogorov-Smirnov para testar a variação interanual da estrutura populacional de *Sterculia apetala* em três cenários de manejo da paisagem no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS..... 62
- Tabela 5.** Número de indivíduos de *Sterculia apetala* em cada classe de estágios ontogenético por cenários de manejo da paisagem no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS..... 63
- Tabela 6.** Tabelas de vida calculadas para a população de *Sterculia apetala* no cenário de manejo da paisagem *Reserva*, Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Fórmulas dos cálculos podem ser obtidas em Cox 1996; Brower *et al.* 1998; Diaz *et al.* 2000. (L_x : número de indivíduos de *Sterculia apetala* amostrados pertencentes ao estágio ontogenético; l_x : taxa de sobrevivência específica a classe; $\text{Log}l_x$: logaritmo₁₀ de l_x ; q_x : taxa de mortalidade específica a classe)..... 67

Tabela 7.	Tabelas de vida calculadas para a população de <i>Sterculia apetala</i> no cenário de manejo da paisagem Tradicional , Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Fórmulas dos cálculos podem ser obtidas em Cox 1996; Brower <i>et al.</i> 1998; Diaz <i>et al.</i> 2000. (L_x : número de indivíduos de <i>Sterculia apetala</i> amostrados pertencentes ao estágio ontogenético; l_x : taxa de sobrevivência específica a classe; $\text{Log}l_x$: logaritmo ₁₀ de l_x ; q_x : taxa de mortalidade específica a classe).....	68
Tabela 8.	Tabelas de vida calculadas para a população de <i>Sterculia apetala</i> no cenário de manejo da paisagem Braquiária , Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Fórmulas dos cálculos podem ser obtidas em Cox 1996; Brower <i>et al.</i> 1998; Diaz <i>et al.</i> 2000. (L_x : número de indivíduos de <i>Sterculia apetala</i> amostrados pertencentes ao estágio ontogenético; l_x : taxa de sobrevivência específica a classe; $\text{Log}l_x$: logaritmo ₁₀ de l_x ; q_x : taxa de mortalidade específica a classe).....	69
Tabela 9.	Diferenças nas taxas de sobrevivência ($\text{Log}_{10}l_x$) entre os estágios ontogenéticos de <i>Sterculia apetala</i> nos três cenários de manejo da paisagem no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS.....	71
Tabela 10.	Tipos de mortes registradas para árvores de <i>Sterculia apetala</i> , com diâmetro na altura do peito maior que 50 cm, em três cenários de manejo da paisagem, Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Classificação segundo D'Angelo <i>et al.</i> (2004).....	72
Tabela 11.	Espécies de aves registradas utilizando recursos disponibilizados por árvores de <i>Sterculia apetala</i> no Pantanal. (Fonte: Burger e Gochfeld 2005 ^A ; Campos e Coutinho 2004 ^B ; Carrara <i>et al.</i> 2007 ^C ; Donatti <i>et al.</i> 2005 ^D ; Guedes 1993 ^F ; 1999 ^G ; 2001 ^I ; 2002 ^J ; 2004 ^K ; Guedes <i>et al.</i> 2000 ^H ; Pinho e Nogueira 2003 ^L ; Pizo <i>et al.</i> 2008 ^M ; Santos Jr. 2006 ^N ; Santos Jr 2006 ^O ; Silva <i>et al.</i> 2005 ^P).....	84

Resumo

Anodorhynchus hyacinthinus é uma espécie de ave listada como ameaçada de extinção principalmente pela destruição de seu habitat por queimadas e desflorestamentos. No Pantanal, os casais reprodutivos desta ave são exigentes em termos de habitat reprodutivo, nidificando em 95% dos casos nos troncos de *Sterculia apetala*. A redução na disponibilidade de ninhos pela perda de árvores maduras com cavidades naturais ou com porte suficiente para sua escavação pode resultar em baixas taxas de recrutamento e gradual redução do tamanho populacional desta ave. Neste sentido, o esforço para a conservação de *A. hyacinthinus* no Pantanal deve focar também a manutenção de populações de *S. apetala*, avaliando o efeito de diferentes condições de manejo da paisagem sobre a estrutura e dinâmica populacional desta árvore. O trabalho foi conduzido em três cenários de manejo da paisagem no Pantanal, a saber: Reserva, uma unidade de conservação na modalidade RPPN, Tradicional, área onde a atividade pecuária é desenvolvida com os animais em baixa densidade em campos nativos, e, finalmente, Braquiária, ambiente onde a floresta foi substituída por pastagens de *Brachiaria* spp., remanescendo árvores da vegetação original. Todas as áreas estavam situadas na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Corumbá, MS. Os resultados obtidos mostram que a probabilidade de reprodução de *S. apetala* é significativamente influenciada pelo diâmetro a altura do peito (DAP) e estima-se que as árvores adultas produzam duas sementes viáveis por metro quadrado de copa. O vigor da germinação e das plântulas produzidas por sementes de árvores de *S. apetala* isoladas na pastagem de braquiária foram significativamente menor ao observado para a germinação e plântulas de sementes árvores de *S. apetala* inseridas no ambiente florestal. Os modelos lineares de sobrevivência e mortalidade desenvolvidos para as populações de *S. apetala* estudadas evidenciam que o desflorestamento somado à presença do gado bovino, como acontece no cenário Braquiária, altera a dinâmica populacional desta árvore, provavelmente comprometendo a viabilidade populacional. Isto ocorre à remoção da floresta, à herbivoria e pisoteio das plântulas pelo do gado bovino e à maior exposição das árvores adultas remanescentes às ventanias, como no cenário Braquiária, aumentar muito a mortalidade dos indivíduos de *S. apetala*. Um total de 27 espécies de aves foi registrado utilizando as árvores adultas de *S. apetala* como habitat reprodutivo. Ocorre um processo de sucessão ecológica de espécies de aves que ocupam as cavidades nos troncos desta árvore. A remoção de árvores de *S. apetala* afeta as taxas

de fecundidade de mais de uma dezena de espécies de aves no Pantanal. Tratando-se de *A. hyacinthinus* deve-se promover o manejo da paisagem pantaneira de modo que as populações de *S. apetala* não tenham a sua estrutura e dinâmica populacional comprometida pelas práticas adotadas pela atividade econômica, neste caso, a atividade pecuária. A produção de gado bovino no cenário Tradicional destaca-se por ser uma atividade econômica com potencial de gerar riquezas para o proprietário rural, mantendo a estrutura e dinâmica populacional de *S. apetala* em condições de disponibilizar habitat reprodutivo para *A. hyacinthinus* em longo prazo no Pantanal. Algumas recomendações sobre programa de incentivo à produção de gado bovino segundo o modelo tradicional de produção e criação de normatizações são feitas. **Palavras-chave:** biologia da conservação, manejo da paisagem, indicador ecológico, conservação de espécie

Abstract

Anodorhynchus hyacinthinus is a species of bird listed as threatened with extinction mainly by the destruction of its habitat by burning and deforestation. In the Pantanal, the breeding of this bird couples are demanding in terms of breeding habitat, nesting in 95% of cases in the trunk of *Sterculia apetala*. The reduction in the availability of nests by the loss of mature trees with natural cavities or large enough for their excavation can result in low rates of recruitment and gradual reduction of population size of this bird. In this sense, the effort to conserve *A. hyacinthinus* in the Pantanal should also focus on maintaining populations of *S. apetala*, evaluating the effect of differently on management conditions on the landscape structure and population dynamics of this tree. The study was conducted in three scenarios of land management in the Pantanal, namely: Reserve a conservation mode in PRNP, Traditional, area where the cattle industry is developed with the animals at low density in native prairies, and finally Braquiária environment where the forest has been replaced by *Brachiaria* spp., remaining trees in the original vegetation. All areas were situated in the sub-region Nhecolândia, Pantanal, Corumbá, MS. The results show that the probability of reproduction of *S. apetala* is significantly influenced by the diameter at breast height (DBH) and it is estimated that the mature trees two producing viable seeds per square meter of canopy. The vigor of germination and seedlings produced by seeds of trees of *S. apetala* isolated in *Brachiaria* spp. pasture were significantly lower than that observed for seed germination and seedling trees of *S. apetala* entered the forest environment. The linear models of survival and mortality developed for populations of *S. apetala* study showed that deforestation coupled with the presence of cattle, as in scenario Braquiária alters the population dynamics of the tree, probably compromising the viability of the population. This is the removal of the forest, the seedling herbivory and trampling by cattle and the increased exposure of mature trees remaining to gusts, as the scenario Braquiária, greatly increase the mortality of individuals of *S. apetala*. A total of 27 bird species were recorded using the adult trees of *S. apetala* as breeding habitat. There is a process of ecological succession of birds that occupy the cavities in the trunks of this tree. The removal of trees of *S. apetala* affect fertility rates by more than a dozen species of birds in the Pantanal. In the case of *A. hyacinthinus* one should promote the management of the Pantanal landscape so that the populations of *S. apetala* not have their structure and population dynamics compromised by the practices adopted

by economic activity, in this case, the cattle industry. The production of cattle in the traditional scenario stands out as being an economic activity with potential to generate wealth for the landowner, keeping the structure and population dynamics of *S. apetala* able to provide breeding habitat for *A. hyacinthinus* long term in the Pantanal. Some recommendations on program to encourage the production of cattle under the traditional model of production and creation of norms are made. **Keywords:** conservation biology, landscape management, ecological indicator, conservation of species

Introdução geral

Sterculia apetala (Jacq.) Karst. (Malvaceae) (**Figura 1**) é uma árvore encontrada em florestas tropicais de terras baixas, em sítios abaixo de 400m de altitude, em solos aluviais bem drenados. Ocorre também nas florestas decíduas e semidecíduas na zona de florestas secas, nas quais a precipitação anual pode ser de menos de 920mm, com pronunciada estação seca de 4-6 meses. Habita, ainda, em florestas ripárias sempre-verdes, em áreas onde a precipitação pode ser de 3.000mm por ano (Janzen 1972; Dvorak *et al.* 1998; Valdés *et al.* 2002; Fernandez *et al.* 2007).



Figura 1. Árvore adulta e emergente de *Sterculia apetala* em floresta estacional semidecidual no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS, Fazenda Nhumirim (Foto: A. Santos Jr).

Sua distribuição é ampla, sendo encontrada no sudeste do México, na América Central e Caribe (Cuba, Guatemala, Honduras e Panamá) e na América do Sul (Bolívia, Brasil e Colômbia). Ao longo de sua área de distribuição recebe mais de 35 nomes comuns e é considerada a árvore símbolo do Panamá (*Panama tree*) (Janzen 1972; Pott e Pott 1994; Dvorak *et al.* 1998; Lorenzi 2002; Valdés *et al.* 2002; Sautu *et al.* 2006; Fernandez *et al.* 2007). Na região do Pantanal, onde este estudo foi realizado, é popularmente conhecida como Manduvi ou Amendoim-de-bugre (Pott e Pott 1994).

Árvores adultas de *S. apetala* são raras em qualquer ponto em sua área de distribuição, com densidade estimada em diferentes sítios no Brasil de 0,67, 0,65 e 0,28 indivíduo por hectare (Dubs 1992; Pinto e Hay 2005). Em florestas estacionais na Colômbia, Guatemala e Honduras a densidade estimada para esta espécie é de 0,05 indivíduo com $DAP \geq 10$ cm por hectare (Dvorak *et al.* 1998). Em florestas decíduas e semidecíduas não perturbadas na Costa Rica a densidade estimada é 0,02 indivíduo com $DAP \geq 10$ cm por hectare, porém em florestas ripárias sempre-verdes a densidade estimada é 0,1 indivíduo com $DAP \geq 10$ cm por hectare (Janzen 1972).

Os indivíduos maduros são árvores de grande porte (com mais de 100cm de DAP) e de rápido crescimento, sendo membro do dossel ou árvore emergente (Janzen 1972; Clark e Clark 1996; Dvorak *et al.* 1998; Santos Jr *et al.* 2006). As árvores de *S. apetala* crescem geralmente em torno de 24-30m de altura. Entretanto, há relatos de indivíduos de até 50m de altura e 2m de DAP em solos férteis de florestas maduras sempre-verdes no Oeste da Venezuela Central, onde a precipitação média é de 1.900mm por ano (Janzen 1972; Dvorak *et al.* 1998; Piotto *et al.* 2004; Fernandez *et al.* 2007).

Os indivíduos reprodutivos de *S. apetala* apresentam os dois sexos, no entanto, eles estão separados em flores unissexuais, que crescem no mesmo ramo. Relatos de pesquisas que enfocaram a reprodução de *S. apetala* não foram encontrados, assim, as espécies polinizadoras não são identificadas. Contudo, observando a síndrome apresenta pelas flores pode-se sugerir o possível grupo responsável pela polinização desta espécie. Como o nome da espécie sugere, as flores são apetalas, isto é, são monoclamídeas exibindo exclusivamente um cálice carnosos, de cor branca-amarelada com detalhes em roxo (**Figura 2**). As flores apresentam odor desagradável (segundo a etimologia do gênero: *Sterculia* devido ao cheiro de esterco (Pott e Pott 1994)), e não foi observada a produção de néctar. Este conjunto de características sugere que esta espécie é potencialmente polinizada por insetos como besouros ou moscas, geralmente, os animais que são atraídos por flores com esta síndrome.



Figura 2. Flores unissexuais em árvore reprodutiva de *Sterculia apetala* em floresta estacional semidecidual no Pantanal, sub-região do Paiaguás, MS, Fazenda União (Foto: W. Tomas).

Após a polinização das flores de *S. apetala* há a formação de frutos secos deiscentes do tipo cápsula septicida, com pericarpo lenhoso e pubescente, vermelho internamente (**Figura 3**). Os frutos têm, em média, 11,5cm de comprimento por 8,5cm de largura, contendo sete sementes (N=100).

As sementes produzidas por esta árvore são ricas em lipídios e proteínas e são procuradas por muitas espécies animais para sua alimentação como as *Ara ararauna* (arara-canindé), *Alouatta caraya* (bugiu) e *Dysdercus* spp. (percevejo-manchador) (Janzen 1972; Pott e Pott 1994; Lorenzi 2002). A maioria das espécies que procuram as sementes de *S. apetala* no Pantanal são predadores de sementes, exceto *Ramphastos toco* que é apontado como dispersor de sementes desta árvore no Pantanal (Santos Jr 2006; Pizo *et al.* 2008). As sementes têm $24,6 \pm 2$ mm de comprimento por $16,2 \pm 1$ mm de largura, com 1-6 gramas em média (N=623). As sementes são elipsóides e cobertas por inúmeras espículas, seguida por uma estrutura chamada sarcotesta, responsável em atrair o dispersor (Janzen 1972; Barroso *et al.* 1999; Santos Jr 2006) (**Figura 3**).



Figura 3. Frutos maduros e sementes de *Sterculia apetala* coletados em floresta estacional semidecidual no Pantanal, sub-região do Aquidauana, MS, Fazenda Santa Maria (Foto: C. Corrêa).

A madeira de *S. apetala* não gera interesse comercial, pois é esponjosa e leve, de cor amarelo-marrom e não muito durável, sendo utilizada para caixotaria, canoas, portas e construção civil interna (Pott e Pott 1994; Dvorak *et al.* 1998; Lorenzi 2002; Santos Jr *et al.* 2006) (**Figura 4**). Sua madeira atinge a densidade média de $0,4 \text{ g/cm}^3$ em aproximadamente 40 anos. Ademais, dentro da sua ampla área de distribuição *S. apetala* tem sido empregada em diversos usos não madeireiros. As sementes são consumidas cruas ou torradas em alguns locais do Caribe, América Central e Brasil. Em Cuba, as flores cozidas são usadas como descongestionante. É também plantada ocasionalmente na Guatemala, Honduras, Panamá, Porto Rico e Brasil como ornamental (Pott e Pott 1994; Dvorak *et al.* 1998; Francis 2000; Valdés *et al.* 2002; Lombardi e Morais 2003).

A espécie *S. apetala* não está listada como ameaçada de extinção, devido à sua ampla distribuição geográfica. Entretanto, pequenas populações em sua área de ocorrência têm sido destruídas, usualmente para plantio de culturas comerciais ou pastagens (Janzen 1972; Dvorak *et al.* 1998; Santos Jr *et al.* 2007). No Pantanal, as manchas florestais representavam aproximadamente 26% da cobertura do solo (Silva *et al.* 2000) e têm sido substituídas principalmente por pastagens de *Brachiaria* spp. para pecuária bovina (Johnson *et al.* 1997).

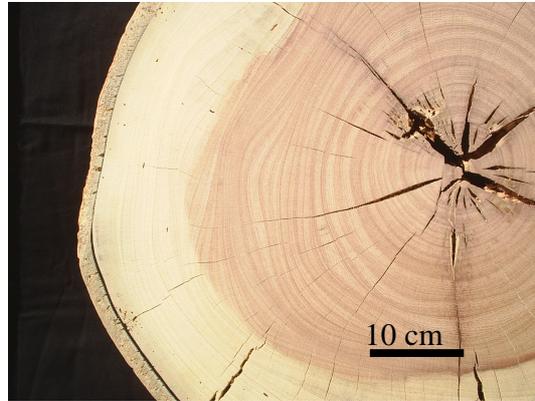


Figura 4. Vista parcial da madeira de *Sterculia apetala* após polimento no laboratório de botânica da Universidade do Estado de Mato Grosso do Sul, Campus de Corumbá. (Foto: A. Santos Jr).

A atividade pecuária bovina é desenvolvida no Pantanal a mais de 200 anos (Maza *et al.* 1994). Durante esse tempo ela foi realizada de modo extensivo, com os animais baixa densidade, obedecendo ao ritmo de inundação (Johnson *et al.* 1997; Moraes 2008). Nas últimas décadas (a partir de 1970) a atividade pecuária iniciou um novo modelo de produção, no qual os habitats florestais no Pantanal têm sido preferencialmente substituídos por pastagens, visando aumentar a densidade e a produção de gado bovino (Comastri-Filho e Pott 1995; Santos Jr *et al.* 1997; Moraes 2008).

Os habitats florestais (incluindo Floresta Estacional, Mata Ciliar e Cerrado Arbóreo) representavam aproximadamente 26% da cobertura do solo do Pantanal no ano 2000 (Silva *et al.* 2000), porém, se a tendência de desmatamento prosseguir esta proporção de cobertura será drasticamente reduzida (Harris *et al.* 2006). A conservação desses habitats deve ser promovida, em curto prazo, pois abrigam uma maior diversidade de espécies de aves, mamíferos, répteis e artrópodes que os habitats não florestais no Pantanal (Figueira *et al.* 2006; Junk *et al.* 2006, Nunes *et al.* 2006). Além disso, a maior parte das espécies de aves listadas como ameaçadas de extinção que ocorrem no Pantanal são dependentes de ambientes florestais (Tubelis e Tomas, 1999; 2003).



Figura 5. Filhote emplumado de *Anodorhynchus hyacinthinus* dentro de cavidade-ninho em tronco de *Sterculia apetala*. Pantanal, sub-região do Barão de Melgaço, Fazenda São Francisco do Perigara. (Foto: G. Silva).

Anodorhynchus hyacinthinus (Latham 1720 – Psittacidae) (**Figura 5**), conhecida popularmente como arara-azul, é uma espécie listada como ameaçada de extinção devido à captura de indivíduos para o comércio ilegal de animais silvestres, à descaracterização do ambiente por queimadas ou desflorestamentos e ao pequeno tamanho populacional, distribuição limitada e nicho altamente especializado (Johnson *et al.* 1997; Nunes *et al.* 2006). No Pantanal, os casais reprodutivos desta espécie são exigentes em termos de reprodução, pois nidificam em 95% dos casos nos troncos de *S. apetala*, em árvores adultas com diâmetro à altura do peito ≥ 50 cm (≥ 60 anos), o que torna esta árvore uma espécie-chave para a conservação de *A. hyacinthinus* no Pantanal (Guedes 1993, 2002; Pinho e Nogueira 2003; Santos Junior *et al.* 2007).

A redução na disponibilidade de cavidades-ninho devido à perda de árvores maduras com cavidades naturais ou com porte suficiente para sua construção pode resultar em baixas taxas de recrutamento das aves e na gradual redução de suas populações (Santos Junior *et al.* 2006) (**Figura 6**). Uma recorrente estratégia, utilizada com sucesso para conservação em curto prazo de aves dependentes de cavidades-ninhos, tem sido a construção e instalação de ninhos artificiais (inclusive para *A. hyacinthinus*), mas esta abordagem não deve substituir completamente os esforços para restaurar e conservar árvores com cavidade e potenciais (**Figura 7**) (Williams *et al.* 2006).



Figura 6. Árvore adulta de *Sterculia apetala* poupada em área desflorestada, porém, após uma tempestade, teve a copa quebrada, sub-região do Aquidauana, MS, Fazenda Santa Maria. (Foto: C. Correa).

O esforço para a conservação da *A. hyacinthinus* no Pantanal deve enfatizar também a manutenção de populações de *S. apetala*, com estrutura populacional sob diferentes condições de manejo da paisagem que tenham árvores com cavidades para nidificação. Além disso, é importante conhecer a dinâmica populacional da árvore para verificar se há recrutamento que assegure a persistência das populações em longo prazo. Caso seja diagnosticado que o recrutamento é insatisfatório para a reposição de adulto torna-se urgente o desenvolvimento de um programa de manejo e conservação dos habitats de ocorrência de *S. apetala* e, como consequência, a conservação do sítio reprodutivo utilizado por *A. hyacinthinus* no Pantanal (Johnson *et al.* 1997; Guedes 2002; Santos Junior *et al.* 2006, 2007).



Figura 7. Ninho artificial instalado pelo Projeto Arara Azul e utilizado durante a estação reprodutiva de 2005 por *Anodorhynchus hyacinthinus* em área onde há carência de árvores adultas de *Sterculia apetala* com cavidades-ninho. Pantanal, sub-região do Miranda, Fazenda Cayman, base de campo do Projeto Arara Azul. (Foto: C. Corrêa).

Esta tese está dividida em três capítulos para melhor alcançar os objetivos específicos. O capítulo I investigou a probabilidade de reprodução de árvores de *S. apetala*, a estimativa de produção de sementes e a germinação. Relata, portanto, informações básicas sobre a reprodução da espécie, que são necessárias para estudos sobre a dinâmica populacional. Para executar tais estudos é preciso separar os indivíduos reprodutivos dos imaturos. O capítulo II investigou o efeito de diferentes cenários de manejo da paisagem, pela atividade pecuária no Pantanal, sobre a sobrevivência e mortalidade de indivíduos de *S. apetala*. Os efeitos observados foram relacionados com a conservação do habitat reprodutivo de *A. hyacinthinus*. O Capítulo III discute aspectos ecológicos relacionados com a colonização de cavidades-ninho em troncos de *S. apetala* no Pantanal pela avifauna. Tal discussão argumenta que fatores comportamentais típicos de psitacídeos impedem que a instalação de ninhos artificiais garanta a viabilidade populacional saudável de *A. hyacinthinus* no Pantanal. Assim, o manejo da paisagem pela pecuária deve ser orientado para que a atividade econômica gere riqueza sem comprometer o estoque populacional de *S. apetala* que oferecerá cavidades-ninho para *A. hyacinthinus* futuramente.

Hipótese

O novo modelo de produção pecuária, com a substituição de florestas por plantio de pastagens, altera a dinâmica populacional de *Sterculia apetala*, aumentando significativamente os valores das taxas de mortalidade para os indivíduos desta espécie. As alterações de estrutura e dinâmica populacional de *S. apetala* resultarão em uma redução na oferta de habitat reprodutivo para *Anodorhynchus hyacinthinus* no futuro.

Objetivos específicos

1. Avaliar os fatores que influenciam a probabilidade de reprodução de *Sterculia apetala* no Pantanal
2. Estimar a produção de sementes viáveis de árvores adultas reprodutivas de *Sterculia apetala* no Pantanal
3. Avaliar a qualidade das sementes e das plântulas geradas por árvores de *Sterculia apetala* em floresta conservada e isoladas em matriz de pastagem no Pantanal.
4. Analisar a estrutura e dinâmica de populações de *Sterculia apetala* sob diferentes cenários de manejo da paisagem no Pantanal
5. Relatar as espécies de aves que interagem com árvores de *Sterculia apetala* no Pantanal, analisando fatores ecológicos que afetam estas relações

Capítulo I

Probabilidade de reprodução, estimativa de produção de sementes e vigor da germinação em *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst no Pantanal

Resumo

Poucos são os estudos ecológicos que avaliam a dinâmica populacional utilizando a fecundidade, uma abordagem incoerente, pois, somente uma população com êxito na reprodução poderá ser viável no longo prazo. A ausência de estudos sobre fecundidade com árvores nativas pode ser explicada em função de características do grupo que dificultam a obtenção de dados acurados sobre a sua ecologia, dificultando a estimativa de fecundidade *per capita* exigida para os estudos populacionais que consideram a reprodução em seus métodos. Ações antrópicas são sugeridas como responsáveis em alterar os valores esperados para a dinâmica populacional de árvores, especialmente as taxas reprodutivas. Neste contexto, este estudo investigou: 1) a probabilidade de reprodução de *Sterculia apetala* em função do desenvolvimento do indivíduo, 2) a estimativa de produção de sementes viáveis de árvores adultas reprodutivas desta espécie no Pantanal, 3) o vigor da germinação de sementes e das plântulas geradas por árvores de *S. apetala*, em floresta conservada ou isoladas em matriz de pastagem no Pantanal. A coleta de dados abrangeu duas propriedades: Campo Experimental Fazenda Nhumirim da EMBRAPA Pantanal e Fazenda Ipanema, propriedade particular, ambas localizadas no município de Corumbá, MS. A primeira área de amostragem é coberta por manchas de floresta estacional semidecidual. A segunda área de amostragem teve a floresta estacional semidecidual substituída por pastagem de *Brachiaria* spp. O estudo empregou análises dendrocronológicas, modelos lineares e teste de ANOVA. A probabilidade de reprodução de árvores de *S. apetala* no Pantanal é significativamente influenciada pelo tamanho (DAP). Árvores só tornam-se reprodutivas com $DAP \geq 25$ cm ou aproximadamente 30 anos. Estima-se que as árvores reprodutivas produzam em média 2 sementes por metro quadrado de área de copa após a predação pré-dispersão. A área da copa da árvore relaciona-se linearmente com o DAP, mas não é recomendado o emprego desta função para realizar a estimação da produção de sementes. A emergência das plântulas ocorre em menos de um mês após a sementeira. O vigor da germinação das sementes e o vigor das plântulas produzidas por árvores de *S. apetala*, isoladas na matriz de pastagem, foram significativamente

inferior ao observado para as sementes e plântulas de árvores de *S. apetala* que de dentro da floresta. Estas duas observações são consideradas evidências de depressão endogâmica.

Palavras-chave: árvores tropicais, indivíduos modulares, limiar de tamanho reprodutivo, fragmentação de habitat

Abstract

Few ecological studies evaluate the dynamics population using fecundity, an inconsistent approach because only one population with reproductive success may be viable in long term. The absence of fecundity studies with native trees can be explained in terms of group characteristics that make it difficult to obtain accurate data on its ecology. Anthropic actions are suggested to be responsible for modifying the values expected for the dynamics population of trees, especially the reproductive rates. In this context, this study investigated: 1) the probability of reproduction of *Sterculia apetala* depending on the individual's development, 2) the estimation of viable seed production of reproductive adult trees of this species in the Pantanal, 3) the vigor of seed germination and seedling trees generated by *S. apetala* in conserved forest or pasture in the Pantanal. Data collection covered two properties: the Experimental Farm Nhumirim EMBRAPA Pantanal and Fazenda Ipanema, private property, both located in the municipality of Corumbá, MS. The first sampling area is covered by patches of semideciduous forest. The second sampling area had the semideciduous forest replaced by *Brachiaria* spp. The study employed dendrochronologic analysis, linear models and ANOVA test. The probability of reproducing trees of *S. apetala* in the Pantanal is significantly influenced by the size (DBH). Trees only become reproductive with $DBH \geq 25$ cm or approximately 30 years. It is estimated that the reproductive trees produce on average two seeds per square meter crown after the pre-dispersal predation. The area of the tree is related linearly with the DAP, but it is not recommended to use this function to perform the estimation of seed production. Seedling emergence occurs in less than a month after sowing. The vigor of seed germination and seedling vigor of trees produced by *S. apetala*, isolated in the matrix of pasture were significantly lower than that observed for seeds and seedlings of trees *S. apetala* than inside the forest. These two observations are considered evidence of inbreeding depression. **Keywords:** tropical trees, modular individual threshold size reproductive, habitat fragmentation

Introdução

A literatura ecológica sobre populações informa que a dinâmica populacional pode ser regulada pelas taxas de sobrevivência, mortalidade e fecundidade (Caughley 1977, Begon *et al.* 2006). Diversos estudos ecológicos sobre estrutura e dinâmica populacional de árvores no ambiente natural avaliam os efeitos da sobrevivência e da mortalidade sobre a persistência populacional destes organismos (Clark e Clark 1996; Marques e Joly 2000; Correa e Van der Berg 2002; Caldato *et al.* 2003; Schaaf *et al.* 2006).

Poucos são os estudos que fazem este tipo de avaliação utilizando a fecundidade (Silvertown *et al.* 1993; Franco e Silvertown 2004; Bruna e Oli 2005). Esta abordagem enviesada é incoerente, pois, somente uma população com êxito na reprodução poderá ser viável no longo prazo. Uma vez que a morte do organismo é inevitável, deve-se garantir o recrutamento de novos indivíduos na população.

A ausência de estudos sobre fecundidade com árvores nativas pode ser explicada em função de características do grupo que dificultam a obtenção de dados acurados sobre a sua ecologia. A reprodução destes organismos é influenciada predominantemente pelo tamanho ou estágio de desenvolvimento (Gatsuk *et al.* 1980; Harcombe 1987; Petit e Hambe 2006), tornando as influências ambientais mais importantes que as intrínsecas para a probabilidade de reprodução. Além disso, a predação pré-dispersão e pós-dispersão causam uma grande redução do número de propágulos disponíveis para gerar novos recrutas para a população (Nesptad *et al.* 1996; Spironello *et al.* 2004), dificultando a estimativa de fecundidade *per capita* exigida para os estudos populacionais que consideram a reprodução em seus métodos.

A germinação das sementes e o estabelecimento de plântulas são apontados como processos críticos para dinâmica populacional de espécies arbóreas (Caldato *et al.* 1996; Marques e Joly 2000; Santos *et al.* 2006). Estudos apontam sobre diferentes agentes ecológicos que influenciam o sucesso destes processos, tais como temperatura, clima, herbívoros, competição e, até mesmo, características intrínsecas como maturação da semente (Garcia e Vieira 1994; Moraes e Paoli 1999; Silva *et al.* 2004; Nunes-da-Cunha e Junk 2004; Pulchalski *et al.* 2006).

Ações antrópicas são sugeridas como responsáveis em alterar os valores esperados para germinação e estabelecimento de plântulas, por exemplo, o desflorestamento (Nepstad *et al.*

1996; Johnson *et al.* 1997; Puerta 2002). No Pantanal, os ambientes florestais têm sido preferencialmente substituídos por pastagens utilizadas para a produção de gado bovino. Durante a fase de inundação da planície pantaneira, os ambientes florestais não são inundados por estarem em cotas mais elevadas do terreno, além disso, apresentam solos menos lixiviados, assim, suportam pastagens de melhor qualidade (Ratter *et al.* 1988; Salis *et al.* 2006).

Durante o processo de substituição de florestas por pastagens na região do Pantanal, foi observado que algumas árvores não foram derrubadas. Estas árvores permaneceram isoladas do remanescente florestal envoltas por uma matriz de pastagem. Árvores sob estas condições estão mais sujeitas à autopolinização que suas coespecíficas que vivem no interior das florestas (Lacerda e Kageyama 2003; Petit e Hampe 2006; Maués e Oliveira 2010). Algumas espécies apresentam depressão endogâmica em caso de autopolinização (Sebben *et al.* 2000), pois são geradas sementes e plântulas de menor vigor (Andrade *et al.* 2006). Esta situação pode comprometer a viabilidade populacional quando observada em longo prazo, pois atua reduzindo o recrutamento de novos indivíduos na população (Paula *et al.* 2002).

Árvores adultas de *Sterculia apetala* não são derrubadas durante a substituição de florestas por pastagens no Pantanal. A proteção acontece devido ao conhecimento dos proprietários de terras que estas árvores abrigam 95% dos ninhos de *Anodorhynchus hyacinthinus* (Arara-azul) no Pantanal (Guedes 1993; Pinho e Nogueira 2003; Santos Jr 2009).

Neste contexto, este estudo investigou: 1) a probabilidade de reprodução de *Sterculia apetala* em função do desenvolvimento do indivíduo, 2) a estimativa de produção de sementes viáveis de árvores adultas reprodutivas desta espécie no Pantanal, 3) o vigor da germinação de sementes e das plântulas geradas por árvores de *S. apetala*, em floresta conservada ou isoladas em matriz de pastagem no Pantanal.

Metodologia

Área de estudo: o estudo foi realizado no Pantanal, na sub-região da Nhecolândia (Silva e Abdon 1998). A região apresenta clima do tipo tropical sub-úmido (Aw), com precipitação média anual em torno de 1.100mm. A estação chuvosa está compreendida entre os meses de outubro a março e a estação seca de abril a setembro. A temperatura média anual é de 26°C, podendo ocorrer geadas esporádicas (Cadavid Garcia 1984; Soriano 1997). O relevo é plano, com altitude

aproximada de 90m acima do nível do mar (Ratter *et al.* 1988). Os solos pertencem, predominantemente, ao grupo Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico Arênico (Embrapa 1999) que, geralmente, apresentam grandes restrições de fertilidade para manejo agro-pastoril intensivo (Cunha 1985). A textura dos solos dos ambientes florestais do Pantanal, sub-região da Nhecolândia, é uniforme, apresentando altas percentagens de areia e baixos teores (2% a 5%) de argila mineral (Cunha 1981; Santos *et al.* 1997). A coleta de dados abrangeu duas propriedades: 1) Campo Experimental Fazenda Nhumirim (19° 00' 52''S – 56° 38' 38''W) da EMBRAPA Pantanal, 2) Fazenda Ipanema (19° 02' 41''S – 56° 36' 07''W), propriedade particular, ambas localizadas no município de Corumbá, MS (**Figura 8**). A primeira área de amostragem é coberta por manchas de floresta estacional semidecidual (Silva *et al.* 2000), localmente chamadas como cordilheiras (Ratter *et al.* 1988; Pott e Pott 1994). Na segunda área de amostragem a floresta estacional semidecidual foi substituída por pastagem de *Brachiaria* spp. de modo que remanesceram algumas árvores de *S. apetala* dispersas na matriz de pastagem.

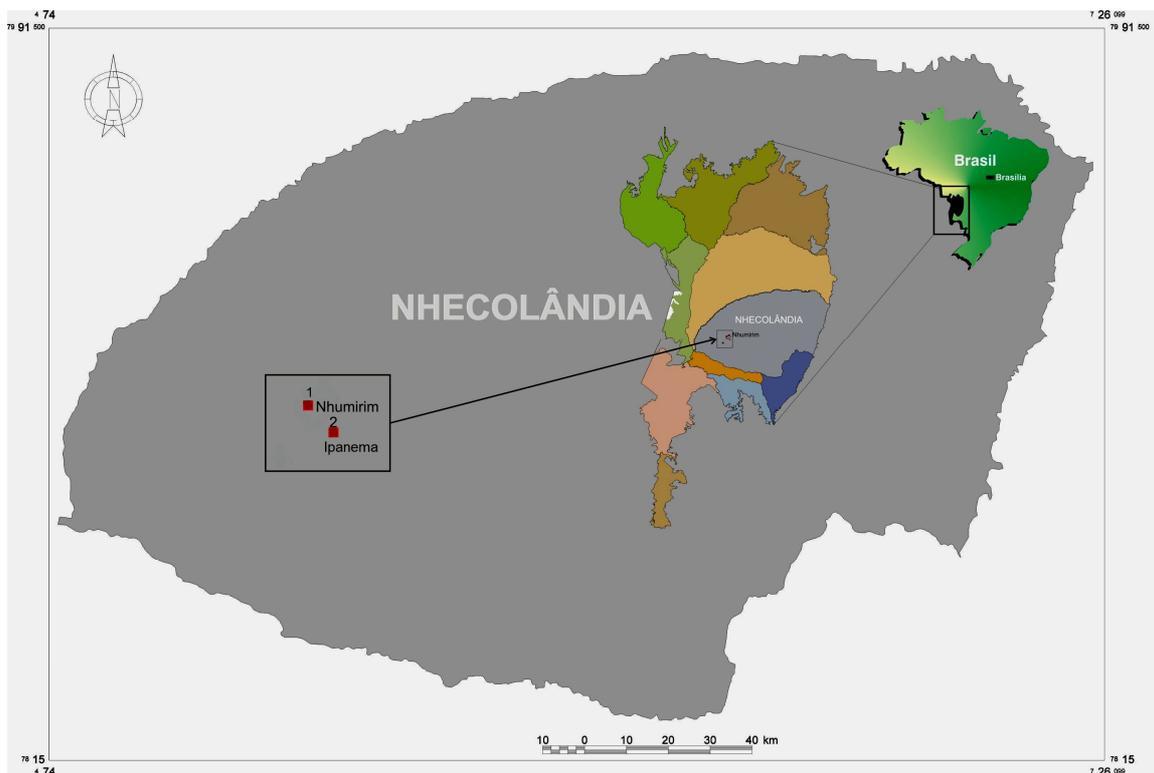


Figura 8. Localização das áreas de amostragem de parâmetros reprodutivos de *Sterculia apetala*. Área 1, Fazenda Nhumirim, Área 2, Fazenda Ipanema. Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Corumbá, MS.

Crescimento diametral cumulativo: as árvores de *S. apetala* que crescem no Pantanal apresentam camadas de crescimento (anéis anuais) facilmente identificáveis (Santos Jr *et al.* 2006). Esta característica possibilita a coleta de informações úteis em estudos populacionais. Neste sentido, cinco árvores de *S. apetala* tiveram o fuste seccionado, transversalmente a 1,30m acima do solo. Posteriormente, foram coletados três discos de 3-5cm de espessura do tronco por árvore. Os discos foram secos naturalmente em temperatura ambiente e, então, polidos com lixa para madeira da textura mais grossa a gradativamente mais fina (80, 120, 220, 320, 400). Esta preparação foi realizada para tornar evidentes os limites das camadas de crescimento. Tendo-se identificado os limites das camadas de crescimento, a largura dos anéis foi mensurada sob microscópio estereoscópico binocular e régua de escala 0,1mm, sobre três raios traçados sobre cada amostra. O crescimento cumulativo em diâmetro foi dado pela soma das medidas da espessura das camadas de crescimento da medula do cerne do tronco em direção à casca da árvore. Esta mesma metodologia foi empregada por Worbes *et al.* (2003) no estudo de espécies do dossel da Floresta Atlântica dos Camarões, na África. A preparação e leitura das amostras foram realizadas no Laboratório de Botânica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus do Pantanal, Corumbá, MS.

Probabilidade de reprodução: foram marcadas 30 árvores de *S. apetala* no interior de trechos de floresta estacional semidecidual em bom estado de conservação, isto é, sem evidências de incêndio florestal ou remoção seletiva de madeira. Todas estavam na área da Fazenda Nhumirim. Nestas árvores foram mensurados os valores de Diâmetro a Altura do Peito (DAP – medido a 1,3m acima do solo). Posteriormente, durante os meses de junho a outubro de 2008 e 2009, as árvores foram monitoradas quinzenalmente quando foi anotado o desenvolvimento das estruturas reprodutivas e a sua posição na estrutura vertical da floresta. Com essas informações foi desenvolvido um modelo logístico para avaliar a probabilidade da reprodução (dado pelo desenvolvimento de estruturas reprodutivas – flores, frutos) em função do DAP.

Produção de sementes: Foram marcadas 14 árvores de *S. apetala* de tamanho reprodutivo no interior de trechos de floresta estacional em bom estado de conservação, isto é, sem evidências de incêndio florestal ou remoção seletiva de madeira. Todas estavam na área da Fazenda

Nhumirim. Embaixo de cada árvore foram instalados três coletores de sementes de formato quadrado com área de 1m^2 , os quais foram feitos com tela de nylon e canos de PVC. Os coletores foram distribuídos embaixo da copa das árvores, a cerca de 1m do tronco e 2m entre eles e, ainda, mantidos suspensos 1m acima do solo, para evitar a perda de sementes para predadores que as atacam no solo (Cottrell 2004). Durante os meses de junho a novembro de 2009 os coletores foram revisados quinzenalmente e anotado o número de sementes coletadas, as quais foram removidas. Este período foi previamente avaliado durante o ano de 2008 para conter todo o período de dispersão de sementes da espécie. Em posse dessas informações foi calculado o número médio de sementes capturadas por coletor de sementes, aqui, representando o número esperado de sementes produzidas em um metro quadrado de copa de árvores de *S. apetala* no Pantanal. Além disso, para cada árvore foi estimada a área de copa (AC) pela fórmula da elipse ($AC=a*b*\pi/4$), tomando-se duas medidas ortogonais com trena (Souza *et al.* 2001; Andrade e Hay 2007). Também foi mensurado o DAP das árvores e desenvolveu-se um modelo linear para a área da copa da árvore em função do DAP.

Estimativa da produção individual de sementes: conhecendo-se o número médio de sementes produzidas em 1m^2 de copa de árvore, bem como a estimativa do tamanho da copa em função do DAP da árvore pode-se obter o número esperado de sementes produzidas por um indivíduo de *S. apetala*. Para isso, multiplicou-se o número médio de sementes produzidas por metro quadrado pela área da copa da árvore, dada em metros quadrados.

Análise do vigor da germinação: foram utilizadas sementes de *S. apetala* coletadas diretamente sobre o solo, na sombra de sementes das árvores de 10 árvores de *S. apetala* na área do Campo Experimental Fazenda Nhumirim, da EMBRAPA Pantanal. Todas estavam situadas no interior de floresta estacional semidecidual, sem evidências de incêndio florestal ou remoção seletiva de madeira. Outras 10 árvores foram amostradas na área da Fazenda Ipanema. Todas estavam inseridas em uma matriz de monocultura de pastagem de *Brachiaria* spp., no mínimo, a 200 metros do remanescente florestal mais próximo. Em cada uma das árvores amostradas foram coletadas 50 sementes, totalizando assim, 500 sementes provenientes de árvores de ambiente florestal e 500 sementes provenientes de árvores isoladas na matriz de pastagem. As sementes foram coletadas durante os meses de agosto a outubro de 2009, época da dispersão natural das

sementes desta espécie no Pantanal, e armazenadas em sacos de papel Kraft em temperatura ambiente. Posteriormente, as sementes de cada um dos lotes foram lavadas e homogeneizadas no Laboratório de Propagação de Plantas da EMBRAPA Pantanal. As sementes que apresentavam algum tipo de dano na testa foram descartadas, assim, utilizou-se no teste de germinação um total de 250 sementes de cada lote coletado. As sementes de *S. apetala* são classificadas como não dormentes e, em condições naturais propícias germinam em até 30 dias (Sautu *et al.* 2007), contudo, estima-se que as sementes de *S. apetala* tenham uma viabilidade superior a 12 meses, quando conservadas em câmara fria e seca (Sautu *et al.* 2006). O teste de vigor da germinação foi realizado em condições de viveiro, com fornecimento de água seis vezes ao longo dia, através de aspersão. As sementes de cada tratamento (sementes de floresta x sementes de pastagem) foram distribuídas em cinco repetições de 50 sementes. Todas as sementes foram semeadas depositando-as sobre o solo sem enterrá-las em tubetes contendo substrato para horticultura (Plantmax HT®). Os tratamentos foram organizados em blocos. O vigor da germinação das sementes foi avaliado através da porcentagem de emergência de plântulas, efetuando-se contagens do número de plântulas emersas a cada 24 horas, até a estabilização da emergência das plântulas. Os dados foram transformados para $\log_{10}(x+1)$ e submetidos ao teste de ANOVA. Posteriormente, o vigor das plântulas foi avaliado. Para tanto, de cada bloco foram retiradas de modo aleatório 20 plântulas, totalizando 100 plântulas de cada tratamento. Foi mensurada a altura das plântulas, do colo até a gema apical, e o peso fresco da porção aérea, aferido em balança analítica. Os dados foram submetidos ao teste de ANOVA. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o pacote estatístico SYSTAT 11.

Resultados

Fases de desenvolvimento observado pelo crescimento cumulativo em diâmetro

A curva de crescimento cumulativo em diâmetro do tronco de árvores de *S. apetala* sugere a existência de duas etapas de crescimento distintas ao longo da história de vida desta espécie no Pantanal. A primeira decorre da condição inicial em que se encontram os jovens recrutas desta espécie, os quais estão inseridos no interior da floresta, sombreados e abaixo do dossel. Sob tais circunstâncias, os indivíduos tendem a alocar a reduzida energia luminosa

captada no crescimento em altura em detrimento do crescimento em diâmetro, na tentativa de atingir o dossel e aumentar o suprimento de energia luminosa. O resultado é um padrão de crescimento em diâmetro com uma estreita variação entre indivíduos da mesma população. Para *S. apetala*, na sub-região da Nhecolândia no Pantanal, essa fase se estende até vinte e cinco centímetros de DAP, ou aproximadamente 30 anos de vida. Em seguida, os indivíduos desta árvore no Pantanal entram na segunda etapa de crescimento. Agora, são árvores que se posicionam na porção superior do dossel da floresta e recebem uma enorme quantidade de energia luminosa, que antes era limitada pelo sombreamento causado pela copa das outras árvores. O reflexo desta nova condição no crescimento cumulativo dos indivíduos é o aumento da variação do incremento diametral entre indivíduos da mesma população (**Figura 9**).

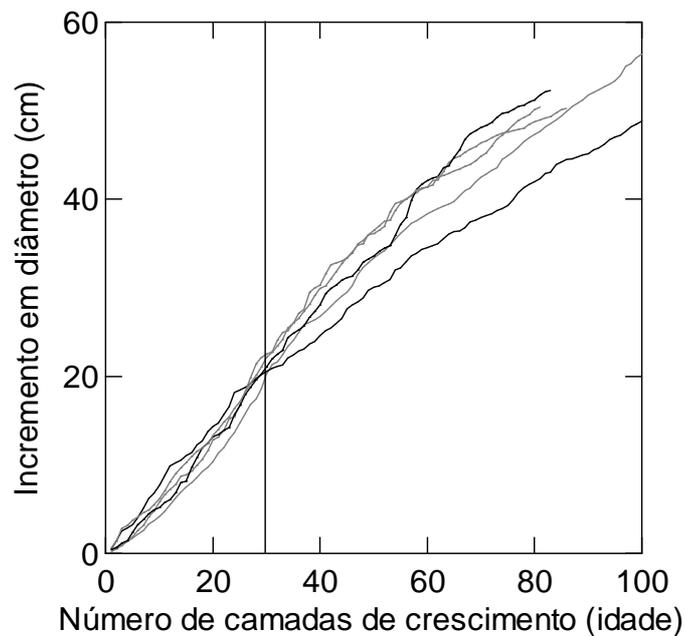


Figura 9. Curva de incremento cumulativo em diâmetro de cinco árvores de *Sterculia apetala* (N=5) no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. A linha preta indica o limite entre as duas fases de desenvolvimento, quando as árvores superam o dossel e passam a investir no crescimento secundário, aumentando a variação no crescimento diametral.

Efeito do tamanho na probabilidade de reprodução

O posicionamento das árvores de *S. apetala* no dossel representa uma fase marcante na história de vida dos indivíduos desta espécie, influenciando diretamente a sua capacidade reprodutiva, dado o limiar da probabilidade de reprodução observado (LOGIT ANALYSIS;

$N=30$; $df=1$; $P=0,001$; $(w^*)=\exp(-85,254+(3,587)*N-tot)/1+[\exp(-85,254+(3,587)*N-tot)]$ (**Figura 10**). A probabilidade de reprodução de árvores de *S. apetala* é influenciado pelas condições experimentadas pelos indivíduos nas duas fases de desenvolvimento descritas. Assim, é necessário cerca de 30 anos ($DAP \geq 25cm$) para que as árvores de *S. apetala* cresçam até o dossel em florestas conservadas na região do Pantanal e se tornem adultos reprodutivos.

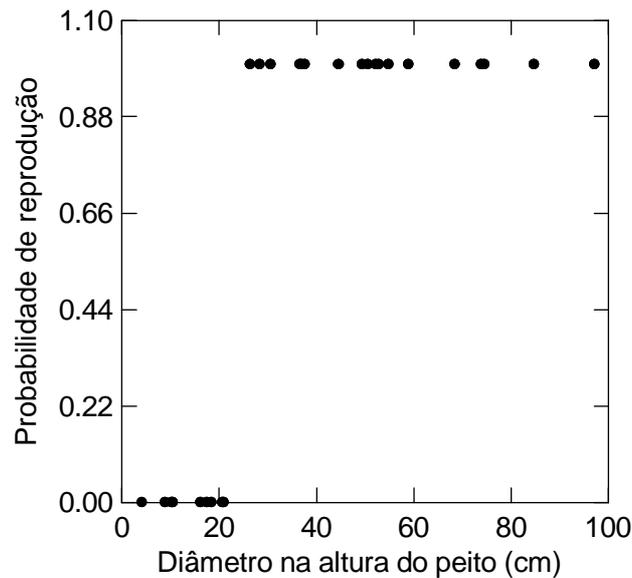


Figura 10. Regressão logística relatando a probabilidade de evento reprodutivo de árvores de *Sterculia apetala* como uma função do diâmetro na altura do peito (DAP), no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS.

Número médio de sementes produzidas por árvores reprodutivas

Das 14 árvores de *S. apetala* que foram amostradas com os coletores de sementes apenas uma não reproduziu ($DAP=21cm$). As outras 13 árvores, todas com $DAP > 25cm$, produziram flores, frutos e sementes. As sementes de *S. apetala* foram capturadas pelos coletores entre os meses de agosto e outubro. As árvores amostradas produziram $2 \pm 2,3$ sementes por metro quadrado (média e desvio padrão). Este valor representa uma estimativa do número médio de sementes por m^2 produzidas por uma árvore reprodutiva de *S. apetala* após a predação pré-dispersão (destruição de flores e frutos imaturos), portanto, supostamente viáveis.

Produção de sementes por árvore adulta

A produção total de sementes por árvore reprodutiva de *S. apetala* foi estimada empregando duas abordagens. A primeira pela multiplicação do número médio de sementes por metro quadrado pela área da copa obtida com a fórmula da elipse. A segunda utilizou a multiplicação do número médio de sementes por metro quadrado pela área da copa estimada pelo modelo linear desenvolvido em função do DAP. A área da copa (AC) de árvores de *S. apetala* é dependente do DAP (GLM; N=14; df=13; F=27,993; $r^2=0,70$; P=0,001; $y(\text{área da copa})=-10,477+(2,484*\text{DAP})$) (**Figura 11**). Ambas abordagens mostraram-se promissoras para a estimação do total de sementes produzidas por árvores reprodutivas, conforme sugerido na **Tabela 1**.

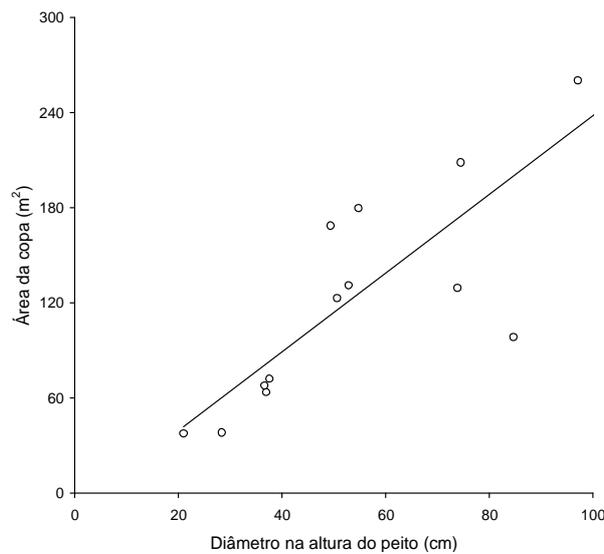


Figura 11. Modelo de regressão linear da área da copa de árvores de *Sterculia apetala* em função do diâmetro na altura do peito (DAP), no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS.

Tabela 1. Diâmetro a altura do peito (DAP), área da copa e estimativa do número de sementes produzidas por árvores de *Sterculia apetala* no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. (A área da copa foi obtida empregando a fórmula da elipse e o modelo linear relacionando a área da copa em função do DAP. O número de sementes foi obtido pela multiplicação da média de sementes por metro quadrado e a área da copa estimada).

DAP (cm)	Fórmula da elipse		Modelo linear	
	Área da copa (m ²)	Sementes produzidas	Área da copa (m ²)	Sementes produzidas
28.33	38,16	76	59,89	119
36.60	67,91	135	80,43	160
36.92	63,75	127	81,23	162
37.56	72,12	144	82,82	165
49.33	168,73	337	112,05	224
50.61	122,98	245	115,23	230
52.84	131,14	262	120,77	241
54.75	179,81	359	125,52	251
73.85	129,44	258	172,96	345
74.48	208,63	417	174,53	349
84.67	98,48	196	199,84	399
97.08	260,35	520	230,66	461
100.58	258,27	516	239,36	478
GLM	N=13; gl=1,11; r ² =1,0; F=3298737; P=0,001; α=0,05; Y(n° de sementes produzidas)=-0,577+(2,0*área da copa)		N=13; gl=1,11; r ² =1,0; F=1734239; P=0,001; α=0,05; Y(n° de sementes produzidas)=-0,559+(2,0*área da copa)	

Diferença no vigor da germinação de sementes de árvores que crescem em floresta e pastagem

Para o lote de sementes de árvores de interior de floresta, a primeira plântula emergiu no décimo dia, já para o lote de sementes de árvores isoladas na matriz de pastagem, a primeira plântula emergiu no décimo primeiro dia. Até o vigésimo dia emergiu a maioria das plântulas dos dois tratamentos avaliados. Posteriormente, uma forte inflexão da emergência de plântulas foi observada. O ensaio foi encerrado no vigésimo oitavo dia, quando se considerou que a emergência de plântulas havia estabilizado. Germinaram, em média, 82% das sementes coletadas em árvores na floresta, enquanto que, das sementes coletadas em árvores isoladas na pastagem, em média, germinaram 68%. O vigor da germinação de sementes produzidas por árvores adultas reprodutivas de *S. apetala* isoladas em pastagens no Pantanal foi inferior ao vigor observado para

a germinação de sementes produzidas por árvores desta mesma espécie localizadas no interior de florestas conservadas (ANOVA; N=10; gl=1,8; F=14,062; p=0,006; $\alpha=0,05$) (**Figura 12**).

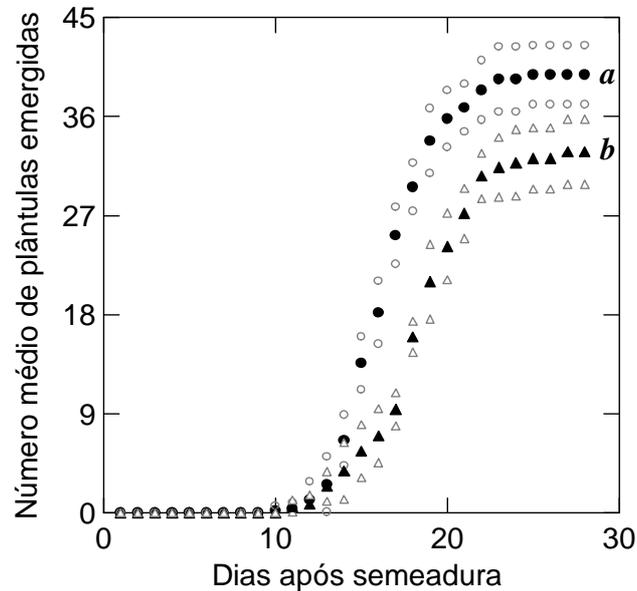


Figura 12. Emergência de plântulas de *Sterculia apetala* em teste de vigor de germinação em viveiro, testando sementes coletadas em floresta e em pastagens no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. ● Média de plântulas emergidas de sementes coletadas de árvores no interior de floresta estacional semidecidual; ○ Desvio padrão da média de plântulas emergidas de sementes coletadas de árvores no interior de floresta estacional semidecidual; □ Média de plântulas emergidas de sementes coletadas de árvores isoladas em pastagem de *Brachiaria* spp.; △ Desvio padrão da média de plântulas emergidas de sementes coletadas de árvores isoladas em pastagem de *Brachiaria* spp.

Diferença no vigor das plântulas de sementes de árvores que crescem em floresta e pastagem

As plântulas de sementes coletadas na floresta apresentaram maior altura (ANOVA; N=200; gl=1,198; F=3,905; P=0,05; $\alpha=0,05$) e maior peso fresco (ANOVA; N=200; gl=1,198; F=7,323; P=0,007; $\alpha=0,05$) ao final do ensaio de vigor de germinação em viveiro, quando comparadas com as sementes coletadas de árvores isoladas em pastagem de *Brachiaria* sp. (**Tabela 2**).

Tabela 2. Vigor médio das plântulas de *Sterculia apetala* após teste de germinação em viveiro. O teste utilizou sementes coletadas em árvores crescendo em floresta e isoladas em pastagens no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. (Min: valor mínimo amostrado; Med: valor médio estimado; DP: desvio padrão; Max: valor máximo amostrado).

Tratamento	Altura total			Peso fresco			N° de amostras
	Min	Med±DP	Max	Min	Med±DP	Max	
Floresta	1,50cm	19±3,42c ^{ma}	28,00 cm	3,69g	6±0,88g ^a	8,47g	100
Pastagem	8,60cm	18±3,20c ^{mb}	25,60cm	1,38g	5±1,55g ^b	11,10g	100

Fonte: dados de campo

Discussão

Santos Jr *et al.* (2006) apresentam os resultados de um avaliação dendrocronológica conduzida com *S. apetala*, em três sub-regiões do Pantanal, para estimar a idade das árvores que abrigam cavidades-ninho utilizadas por *Anodorhynchus hyacinthinus* (arara-azul). As árvores desta espécie apresentaram distintas camadas anuais de crescimento e a taxa de incremento diametral médio de *S. apetala* diferiu significativamente entre sub-regiões. A população avaliada na sub-região da Nhecolândia foi a que apresentou o menor valor de incremento diametral médio (~6mm ao ano). Além disso, a formação de camadas de crescimento anuais foi significativamente dependente do DAP da árvore ($r^2=0,68$), permitindo empregar funções lineares para estimar a idade das árvores.

O crescimento cumulativo em diâmetro de árvores de *S. apetala* é semelhante ao descrito para sua congênere *S. rhinopetala*, uma espécie emergente da Floresta Atlântica de Camarões (Worbes *et al.* 2003). Ambas as espécies apresentam uma pequena variação no crescimento diametral nas primeiras décadas de vida, contudo, quando os indivíduos das duas espécies superam o dossel, a variação do crescimento diametral aumenta muito. A explicação para este padrão decorre do fato de que as árvores de *S. apetala* investem sua energia no crescimento em altura nos primeiros anos de vida, crescendo cerca de 1 metro em altura ao ano (Dvorak *et al.* 1998; Piotto *et al.* 2004), assim, a maior variação do crescimento nos primeiros anos de vida desta espécie deve ser dada no crescimento em altura.

Posteriormente, quando a luz não representa mais o fator limitante ao crescimento das árvores, ou seja, as árvores superaram o dossel, outro fator qualquer, que faça parte das condições e recursos disponíveis localmente, assumirá este papel, tal como o teor nutricional do solo (Ratter *et al.* 1988; Salis *et al.* 2006) ou clima local. Não foram realizadas análises

avaliando a relação entre as camadas de crescimento e variáveis climáticas. Este novo fator limitante resultará em variados padrões de desempenho do crescimento cumulativo das árvores de *S. apetala* maiores que 25 cm de DAP e mais velhas que 30 anos de vida, pois o mesmo deve apresentar uma grande variabilidade espacial e diferentes intensidades de restrição.

A história de vida das árvores é marcada por longos estágios de desenvolvimento estéreis (sementes, plântulas e jovens) seguidos por um prolongado estágio reprodutivo, quando se tornam adultas. Para estes organismos a reprodução tende a ser determinada predominantemente pelo tamanho, não pela idade cronológica (Gatsuk *et al.* 1980; Regan e Auld 2004; Wright *et al.* 2005). Isto acontece porque as árvores são organismos modulares o que implica em uma grande plasticidade fenotípica, a qual ocorre em função de um balanço dos módulos que serão alocados nas diferentes funções: assimilação de energia, crescimento e reprodução (Begon *et al.* 2006). Assim, no momento em que as árvores de *S. apetala* atingem um tamanho que supera o dossel e há uma exposição de copa (aproximadamente 75% da copa, segundo Janzen 1972) que possibilita a aquisição mínima de energia necessária para a reprodução, as árvores produzem suas primeiras flores, frutos e sementes.

O sombreamento da copa é determinante para a reprodução das árvores, como demonstrado por Wright *et al.* (2005) e, segundo esses autores, o limiar varia entre espécies e entre habitats. As árvores adultas de *S. apetala* são conhecidas por serem grandes, superando os 25 metros de altura em toda a sua área de ocorrência (Janzen 1972; Dvorak *et al.* 1998; Piotto *et al.* 2004; Fernandez *et al.* 2007). Na América Central o tamanho (15 m de altura e 45 cm DAP) e idade (20-30 anos) descritos para a primeira reprodução desta espécie em florestas conservadas são similares aos observado para o Pantanal.

Contudo, nessa mesma região, em plantios de *S. apetala* para a produção de madeira são observadas árvores reproduzindo com cinco anos de idade, quando os indivíduos desta espécie mediam menos de 10m de altura (Sautu 2000; Piotto *et al.* 2004). A rápida reprodução observada em plantios deve-se à ausência de restrição nutricional e de energia luminosa, pois, é realizada a adubação do solo e as plantas são espaçadas de forma a reduzir a competição por luz.

Há uma pequena diferença na área da copa entre a menor árvore reprodutiva (DAP=28) e a árvore que não se reproduziu (DAP=21), respectivamente com 38,1m² e 37,6m² de área de copa da árvore. Esta pequena diferença na área da copa é uma evidência que o tamanho do

indivíduo de *S. apetala* influencia a sua capacidade de captar energia, que por sua vez afeta a probabilidade de reprodução da árvore.

Ainda tratando da área da copa, observamos que alguns dos indivíduos de *S. apetala* amostrados apresentam desvios para abaixo da média. Tais desvios são resultados da quebra de ramos da copa da árvore, especialmente devido ventanias, evento extremamente freqüente para os indivíduos adultos desta espécie (Francis 2000) e de grande importância biológica para a fauna local (Guedes 1993; Pinho e Nogueira 2003). Em função disso, observamos que algumas árvores de porte médio de *S. apetala*, portanto mais jovens, podem produzir mais sementes que certas árvores de maior porte. Isto acontece porque as árvores mais velhas sofreram os efeitos de tempestades que reduziram suas copas, levando-as a produzir um número de sementes menor do que seria esperado caso as copas estivessem intactas, conforme prediz o modelo linear para área da copa em função do diâmetro. Neste sentido, recomenda-se que seja empregada a estimativa de produção de sementes que baseada na fórmula da elipse, por serem obtidos assim resultados mais acurados.

A reprodução de *S. apetala* ocorre durante a estação de estiagem (Janzen 1972; Dvorak *et al.* 1998). Entretanto, a fase seca que as populações de *S. apetala* experimentam ocorre em diferentes períodos do ano em sua ampla área de distribuição geográfica devido às diferenças de latitude. Assim, na América Central a dispersão das sementes de *S. apetala* ocorre entre os meses de janeiro e março (Sautu *et al.* 2006), enquanto no Pantanal, as sementes foram dispersadas durante os meses de julho e outubro (nos anos de 2008 e 2009).

A germinação de *S. apetala* foi também estudada na América Central, na região do Canal do Panamá, por Sautu *et al.* (2006). Estes autores estimam que um quilograma de sementes desta árvore tenha cerca de 780 sementes. Lorenzi (2002), por sua vez, estima que um quilograma de sementes desta árvore tenha cerca de 300 sementes. A diferença observada entre estes autores, provavelmente, é devido à ampla variação que as sementes de *S. apetala* apresentam no tamanho. Por exemplo, as sementes coletadas no Pantanal variaram de 1-6 gramas, com o comprimento de $24,6 \pm 2$ e diâmetro de $16,2 \pm 1$ (média e desvio padrão, N=623 sementes).

Sautu *et al.* (2006) apontam que a germinação de sementes de *S. apetala* ocorreu entre o décimo segundo dia e o vigésimo sétimo dia após a sementeira. Os primeiros dias da germinação de sementes de *S. apetala* no Pantanal foram o décimo e o décimo primeiro dia para as sementes colhidas na floresta e pastagem, respectivamente. Para o último dia de germinação, os resultados

indicam o vigésimo quinto e o vigésimo sétimo dia para as sementes colhidas na floresta e pastagem, respectivamente. As sementes colhidas no Pantanal germinaram de modo similar às sementes colhidas na região do Canal do Panamá, a despeito das condições em que as árvores matrizes se encontravam.

Para os dois tratamentos avaliados aqui a porcentagem de germinação de sementes de *S. apetala* no Pantanal foi aproximadamente o dobro da observada para esta espécie na região do Canal do Panamá (37%). A diferença observada não é satisfatoriamente explicada com base somente em efeitos genéticos. Provavelmente, abordagens metodológicas alternativas no método do estudo são responsáveis pela diferença observada. Sautu *et al.* (2006) colheram as sementes de frutos cerrados, diretamente da árvore ou do solo. Para o estudo aqui apresentado as sementes foram colhidas na sombra de sementes da árvore, após a dispersão primária, quando as sementes devem estar fisiologicamente maduras.

O vigor da germinação de sementes colhidas na sombra de sementes de árvores isoladas na matriz de pastagem foi, aproximadamente, 14% inferior ao obtido para as sementes colhidas na sombra de sementes de árvores do interior da floresta. Como a germinação dos dois lotes aconteceu em condições ótimas e controladas, a diferença notada deve ser resultado de diferentes fatores ecológicos.

Primeiramente, o agente polinizador das flores de *S. apetala* (provavelmente uma espécie de coleóptera ou díptera, dada as características das flores) no Pantanal pode evitar visitar as árvores isoladas, ou a faz numa frequência reduzida (Rankin-de-Merona e Ackerly 1987), uma vez que visitar as flores das árvores isoladas na matriz de pastagem o expõe de modo excessivo em um ambiente aberto e mais propício à predação, quando comparado ao ambiente de floresta conservada. Neste caso deveria também acontecer uma redução da produção de sementes, pois a ausência do polinizador ou sua frequência reduzida resultaria em uma grande quantidade de flores não polinizadas, que não se tornariam frutos, nem sementes. Entretanto, neste estudo esta avaliação não foi conduzida.

Em segundo lugar, considerando que o polinizador das flores de *S. apetala* visita as árvores isoladas na matriz de pastagem, deve promover a autofecundação nas flores de forma mais intensa do que acontece nas árvores no interior da floresta, uma vez que a quantidade disponível de árvores com flores para ele polinizar é fortemente reduzida devido à prática de desflorestamento para a formação de pastagens artificiais. Sob estas condições pode ocorrer o

processo de depressão endogâmica, resultando no aumento da mortalidade de sementes e plântulas (Sebben *et al.* 2000). Uma das mais contundentes evidências do processo de depressão endogâmica numa população é a deformação congênita de plântulas, especialmente a deformação do epicótilo (Andrade *et al.* 2006). Duas plântulas oriundas do lote de sementes coletadas em árvores de *S. apetala* isoladas na matriz de pastagem apresentaram deformação do epicótilo no teste de vigor de germinação aqui relatado.

Outra evidência para um suposto efeito de depressão endogâmica na reprodução de *S. apetala* pode ser observado nas plântulas obtidas. As plântulas originadas por sementes de árvores de *S. apetala* isoladas na matriz de pastagem apresentaram significativamente menor vigor, dado pela altura e peso fresco médio, que as obtidas das sementes de árvores de *S. apetala* do interior de floresta.

Contudo, uma investigação à parte deve ser conduzida exclusivamente para elucidar esta questão. Como sugestão, deve-se fazer um experimento controlado com autopolinização artificial de flores de árvores de *S. apetala* em ambiente florestal e isoladas na matriz de pastagem. Então, as sementes produzidas por estes grupos teriam seu vigor avaliado. Hipoteticamente espera-se que as sementes de polinização cruzada não apresentem diferença estatisticamente significativa no vigor de germinação, bem como que este valor seja significativamente superior ao observado para as sementes obtidas por autopolinização, demonstrando assim, que os indivíduos de *S. apetala* geram sementes de menor qualidade sob esta circunstância.

Em recente revisão bibliográfica, redigida por Maués e Oliveira (2010), sobre as consequências da fragmentação do habitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais foram apresentados estudos que demonstram que em áreas desmatadas ocorre uma redução na quantidade de pólen depositado no estigma das flores, bem como uma redução da frutificação e da produção de sementes. Segundo esta mesma revisão, é esperado um aumento na autofecundação e diminuição no número de visitantes florais e polinizadores, especialmente em árvores isoladas em sistema agropastoris. Ou seja, os resultados e discussão apresentados aqui são coerentes com a teoria ecológica vigente, contudo, são inconclusivos. É necessário que estudos futuros sobre a ecologia de *S. apetala* no Pantanal enfoquem o sistema reprodutivo, identificando o agente polinizador e se o isolamento destas árvores em pastagens reduz as taxas de interação planta-polinizador.

Conclusão

A probabilidade de reprodução de árvores de *S. apetala* no Pantanal é significativamente influenciada pelo tamanho (DAP). Árvores só tornam-se reprodutivas com $DAP \geq 25$ cm ou aproximadamente 30 anos. Estima-se que as árvores reprodutivas produzam em média 2 sementes por metro quadrado de área de copa após a predação pré-dispersão. A área da copa da árvore relaciona-se linearmente com o DAP, mas não é recomendado o emprego desta função para realizar a estimação da produção de sementes.

A emergência das plântulas ocorre em menos de um mês após a semeadura. O vigor da germinação das sementes e o vigor das plântulas produzidas por árvores de *S. apetala*, isoladas na matriz de pastagem, foram significativamente inferior ao observado para as sementes e plântulas de árvores de *S. apetala* que de dentro da floresta. Estas duas observações são consideradas evidências de depressão endogâmica.

Capítulo II

Sobrevivência e mortalidade de *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst (Malvaceae) sob diferentes cenários de manejo da paisagem no Pantanal

Resumo

Estudos sugerem que o novo paradigma de produção pecuária no Pantanal é insustentável e pode causar uma grande redução da biodiversidade da região, em função da perda de populações de espécies sensíveis à introdução de pastagens. No entanto, para uma avaliação sensata deste confronto entre a demanda econômica e a ecológica é preciso que sejam executados estudos que demonstrem que o ambiente artificial gerado pelo plantio de pastagens na região do Pantanal é incapaz de sustentar populações de espécies nativas, especialmente quando comparado com os ambientes naturais adjacentes. O objetivo deste estudo foi analisar a estrutura e o padrão de sobrevivência e mortalidade de populações de *Sterculia apetala* sob diferentes cenários de manejo da paisagem no Pantanal. Os cenários de manejo da paisagem avaliados são áreas sob diferentes situações ecológicas, a saber: 1- Reserva: unidade de conservação de proteção integral; 2- Tradicional: área de pecuária que segue o modelo tradicional de produção bovina em campos nativos; 3- Braquiária: áreas onde a floresta nativa foi substituída por pastagens de *Brachiaria* spp. para a pecuária bovina. O estudo empregou o método de tabela de vida estática e modelos lineares. As populações de *S. apetala* nos cenários Reserva e Tradicional apresentam diferentes estruturas populacionais. No entanto, o padrão de dinâmica populacional para ambas as populações é similar. A população de *S. apetala* no cenário Braquiária, em contrapartida, apresenta grandes diferenças na estrutura e dinâmica populacional em relação aos demais cenários. Quando contrastados os modelos de sobrevivência e mortalidade de indivíduos de *S. apetala* para os três cenários de manejo da paisagem, fica evidente que somente a presença do gado bovino não influi significativamente na dinâmica populacional. No entanto, quando o desflorestamento é somado à presença do gado, a dinâmica populacional de *S. apetala* é alterada. Isto ocorre devido à remoção da floresta, à presença do gado bovino e à maior exposição das árvores adultas às ventanias no cenário Braquiária aumentar muito a mortalidade dos indivíduos desta população. **Palavras-chave:** sustentabilidade da pecuária, manejo da paisagem, conservação da arara-azul

Abstract

Studies suggest that the new paradigm of livestock production in the Pantanal is unsustainable and may cause a major reduction in biodiversity of the region, due to the loss of populations of susceptible species to the introduction of pastures. However, for a assessment of the conflict between economic needs and ecological to run studies that demonstrate that the artificial environment created by the planting of pastures in the Pantanal region is incapable of sustaining populations of native species, especially when compared with the surrounding natural environments. The aim of this study was to analyze the structure and the pattern of survival and mortality of populations of *Sterculia apetala* under different scenarios of land management in the Pantanal. The scenarios of land management areas are evaluated under different ecological situations, namely: 1- Reserve: protected area, 2- Traditional: livestock area that follows the traditional model of cattle production in native meadows, 3- Braquiária: areas where the native forest has been replaced by pastures of *Brachiaria* spp. to the livestock industry. The study employed the method of static life table and linear models. The populations of *S. apetala* in the scenarios Traditional and Reserve have different structures populations. However, the pattern of dynamics population for both populations is similar. The population of *S. apetala* in the scenario Braquiária, however, reveals differences in structure and dynamics populations in relation to other scenarios. When contrasted models of survival and mortality of individuals of *S. apetala* for the three scenarios of land management, it is evident that only the presence of cattle does not affect significantly on dynamics population. However, when deforestation is added to the presence of cattle, the dynamics population of *S. apetala* is changed. This is due to removal of the forest, the presence of cattle and increased exposure of the adult trees to windstorms in the scenario Braquiária greatly increase the mortality of individuals in this population. **Keywords:** sustainability of livestock farming, landscape management, conservation of the Hyacinth Macaw

Introdução

A informação estática da estrutura populacional pode não ser um bom preditor de dinâmica populacional, especialmente para as árvores de grande porte e longevas (Condit *et al.* 1998). Assim, para uma avaliação populacional adequada de espécies arbóreas é necessário uma

abordagem de dinâmica populacional, com a coleta de dados por mais de uma estação reprodutiva. Neste contexto, a abordagem de tabela de vida mostra-se promissora e apresenta a vantagem da simplicidade e relativa facilidade de coleta dos dados necessários (Harcombe 1987; Diaz *et al.* 2000).

A tabela de vida analisa quantitativamente o comportamento de uma população ideal. Além disso, fornece um meio de avaliar a atual direção da mudança em uma população sob condições particulares e como tais mudanças influenciam indiretamente as taxas de sobrevivência, mortalidade e fecundidade (Caughley 1977; Harcombe 1987).

O Pantanal sofre o efeito do manejo da paisagem para a produção pecuária há mais de dois séculos. No começo, o gado bovino era criado de modo extensivo, em baixa densidade e seguindo o pulso de inundação, de modo semelhante à fauna nativa (Mazza *et al.* 1994; Johnson *et al.* 1997). Desde o início dos anos 1970 os fazendeiros têm desmatado e plantado pastagens de espécies recomendadas a fim de aumentar a produtividade do rebanho (Comastri-Filho e Pott 1995; Moraes 2008). Contudo, Harris *et al.* (2006) sugerem que este novo paradigma de produção pecuária no Pantanal é ecologicamente insustentável e pode causar uma grande redução da biodiversidade do Pantanal, em função da perda de populações de espécies sensíveis à introdução de pastagem.

Para uma avaliação sensata deste confronto entre a demanda econômica e ecológica é preciso que sejam executados estudos que demonstrem que o ambiente artificial gerado pelo plantio de pastagens na região do Pantanal é incapaz de sustentar populações de espécies nativas, especialmente quando comparado com os ambientes naturais adjacentes. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a estrutura e o padrão de sobrevivência e mortalidade de populações de *Sterculia apetala* sob diferentes cenários de manejo da paisagem no Pantanal.

Metodologia

Área de estudo: o estudo foi conduzido na sub-região do Pantanal conhecida por Nhecolândia. O clima é sazonal, com a pluviosidade média anual em torno de 1.200mm. As chuvas distribuem-se entre novembro e março. A estigem está compreendida entre abril a outubro. A temperatura média anual é de 26°C (Cadavid García 1984; Soriano 1997). O relevo é plano com altitude

aproximada de 90 m acima do nível do mar (Ratter *et al.* 1988). Os solos pertencem, predominantemente, ao grupo Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico Arênico (Embrapa 1999) que em condições naturais geralmente apresentam grandes restrições de fertilidade para manejo agro-pastoril intensivo (Cunha 1985). A paisagem é predominantemente aberta, com campos inundados e lagoas de água doce e salobra sendo intercalados por manchas de ambientes florestais, que representam 21% da cobertura da sub-região da Nhecolândia. Esta sub-região localiza-se na bacia do Rio Taquari e tem como limites ao norte o Rio Taquari, ao sul o Rio Negro, a leste o Planalto de Maracaju e a oeste os Rios Paraguai e Taquari (Abdon *et al.* 1998; Silva e Abdon 1998).

Cenários de estudo: O Pantanal da Nhecolândia abriga há mais de 200 anos a criação extensiva de gado bovino. Para a execução desta atividade econômica é preciso o consumo de recursos naturais, entre eles, a pastagem nativa para a alimentação do rebanho e a madeira das árvores nativas para a construção de cercas, currais e galpões (Mazza *et al.* 1994; Salis *et al.* 2006). Apesar da grande importância dessa atividade econômica para a região, poucas são as informações para avaliar se o uso da paisagem e recursos naturais pode ser considerado sustentável. Existem estudos que indicam impactos negativos da atividade pecuária sobre espécies arbóreas florestais. A mais evidente é a recente substituição progressiva da cobertura florestal por monoculturas de pastagens (Harris *et al.* 2006). Outra extremamente importante, porém, menos conspícua, é o pastoreio e o pisoteio por gado bovino que afeta as plântulas e jovens de espécies arbóreas nativas (Johnson *et al.* 1997; Nunes da Cunha e Junk 2004). Tomando por base estas considerações sobre a ocupação da região do Pantanal brasileiro, este estudo avalia a dinâmica de populações de *Sterculia apetala* em três cenários reais distintos. Estes ambientes estão sujeitos a diferentes condições de manejo da paisagem, como descrito a seguir (**Figura 13**):

1. *Cenário 1 – Reserva* (18° 57' 50" S – 56° 37' 26" W, Fazenda Nhumirim) – área de 680 hectares transformada em uma Unidade de Conservação classificada como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Nesta área a população de *S. apetala* não é afetada pela herbivoria e pisoteio de animais domésticos há mais de 20 anos, contudo,

experimenta um regime de incêndio florestal a cada três ou quatro anos como consequência do acúmulo de material vegetal combustível (Crispim e Soriano 2003).

2. **Cenário 2 – Manejo Tradicional** (18° 59' 12" S – 56° 39' 35" W, Fazenda Nhumirim) – área onde se pratica a pecuária extensiva ainda comum em boa parte da região pantaneira. Neste tipo de manejo o gado bovino é criado em extensas áreas e em baixa densidade. Os animais alimentam-se do que o ambiente oferece, por exemplo, folhas de gramíneas, frutos e plântulas de espécies nativas. Durante o período de inundação que acomete a região, os animais se concentram nas cotas mais elevadas do terreno, ocorrendo um aumento da herbivoria e pisoteio sobre as plantas no interior das florestas. Nestas condições a população de *S. apetala* tem seus indivíduos jovens pisoteados ou predados (Johnson *et al.* 1997; Santos *et al.* 2000).

3. **Cenário 3 – Braquiária** (19° 02' 41" S 56° 36' 07" W, Fazenda Ipanema; 19° 06' 25" S 56° 43' 26" W, Fazenda Santo Expedito) – este cenário é composto por duas propriedades distintas. Em ambas as áreas a floresta foi substituída por monocultura de pastagem (*Brachiaria* spp.). Durante o desflorestamento no Pantanal é comum que algumas árvores do dossel ou emergentes sejam protegidas. Geralmente, por serem de interesse madeireiro (p.ex.: *Tabebuia impetiginosa*), alimentício (p.ex.: *Caryocar brasiliense*) e conservacionista (p.ex.: *S. apetala*), permanecendo imersas em uma matriz de pastagem (Santos Jr 2009). Com esta medida, os proprietários de terras, acreditam estar auxiliando na conservação das populações, semelhante ao observado para *Banksia goodii*, na Austrália (Drechsler 2004). Nestas condições a população de *S. apetala* tem seus indivíduos adultos e senis selecionados em detrimento dos jovens recrutas.

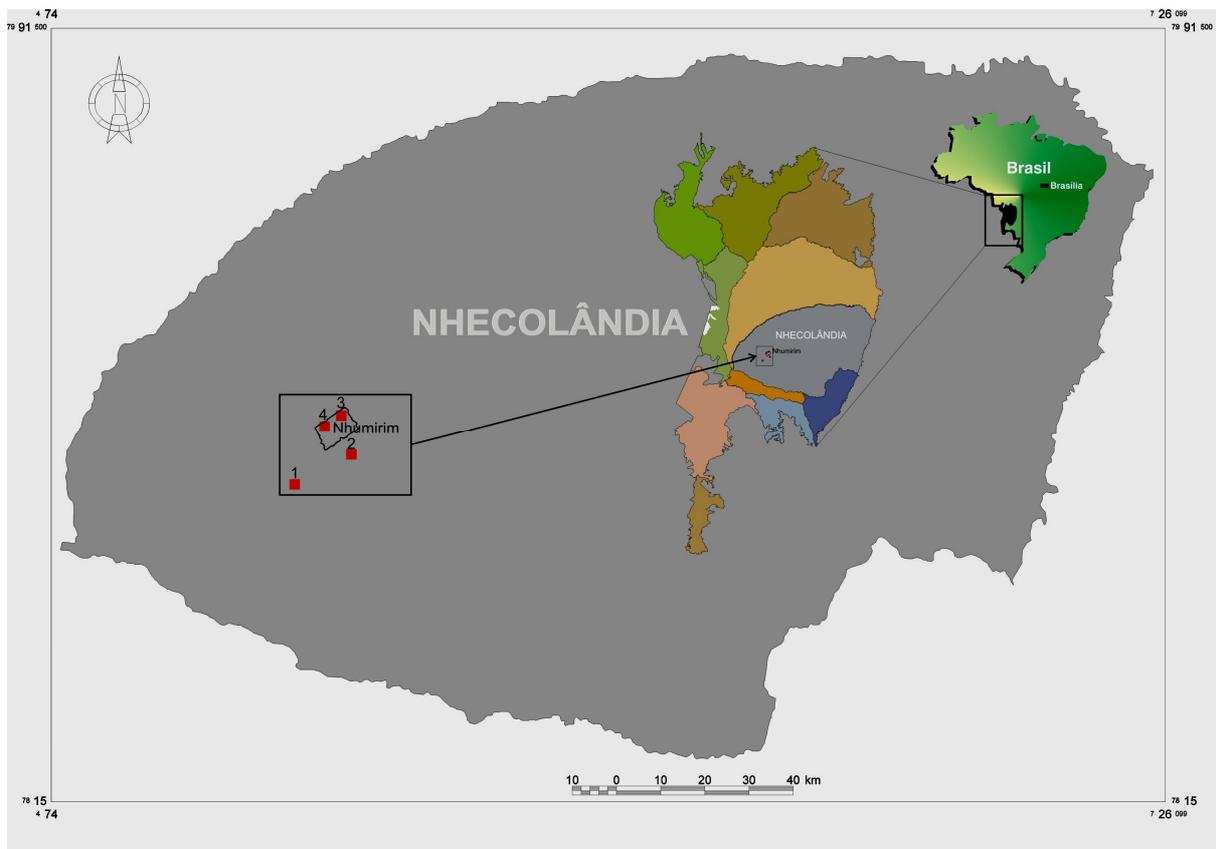


Figura 13. Localização dos cenários de manejo da paisagem onde as coletas de dados foram realizadas. 1) Fazenda Santo Expedito, área 1, cenário Braquiária; 2) Fazenda Ipanema, área 2, cenário Braquiária; 3) Fazenda Nhumirim, área 3, cenário Reserva e 4) Fazenda Nhumirim, área 4, cenário Tradicional. Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Corumbá, MS.

Descrição da estrutura da vegetação dos cenários de estudo: A estrutura da vegetação lenhosa dos cenários de manejo da paisagem foi descrita com o uso do método do ponto quadrante, dada a facilidade e rapidez de sua execução (Cox 1996; Brower *et al.* 1998; Durigan 2004). Não foi executado um estudo fitossociológico, com esta coleta de dados buscou-se apenas uma análise da estrutura de vegetação. Em cada cenário duas linhas de 1.000m foram instaladas, ao longo das quais foram amostrados 10 pontos, separados entre si por 100 metros. Este modelo de amostragem adotado devido à constatação de Mello *et al.* (1996), na qual, estes autores, demonstram que o procedimento de amostragem de parâmetros florestais baseado na distribuição sistemática das unidades amostrais é mais acurado que outros procedimentos que empregam a distribuição aleatória. Em cada quadrante foi amostrada a árvore com diâmetro na altura do peito (DAP – medido a 1,3m acima do solo) igual ou superior a 10 cm. Nos indivíduos

amostrados foram mensurados exclusivamente o DAP e a altura total medida com o Altímetro de Haga. Com estas informações foram estimados a densidade florestal por hectare, a altura média (H) e o DAP médio das árvores para cada cenário de manejo da paisagem. Os dados de DAP e altura foram submetidos ao teste de ANOVA e ao teste de Tukey.

Amostragem da população de Sterculia apetala em cada cenário de estudo: espécies arbóreas de grande porte, nas quais os adultos atingem mais de 70cm de DAP, são consideradas raras em florestas tropicais (Rankin-de-Merona e Ackerly 1987; Clark e Clark 1987, 1996) e ocorrem em manchas de solo de média a alta fertilidade, ou agrupadas por tipo de solo (Ratter *et al.* 1988; Dubs 1992; Lima *et al.* 2003; Salis *et al.* 2006). Estas propriedades características a este grupo dificultam a obtenção de informações na escala de paisagem. Mesmo que se utilize parcelas de área substancial (≥ 1 hectare), poucos indivíduos destas espécies estarão contidos no espaço delimitado, gerando uma amostra que não será estatisticamente utilizável (Vieira e Couto 2001; Laurance *et al.* 2004). Assim, para amostrar a estrutura populacional, para qualquer densidade de espécies de árvores de grande porte, é recomendado amostras a partir de 10 hectares (Rankin-de-Merona e Ackerly 1987; Clark e Clark 1996; Ubialli *et al.* 2009).

No Pantanal, as populações de *S. apetala*, espécie alvo deste estudo, distribuem-se em manchas de floresta semidecídua não inundável, regionalmente denominadas “cordilheiras” (Ratter *et al.* 1988; Pott e Pott 1994; Salis *et al.* 2006) e apresentam densidade inferior a uma árvore por hectare, para duas áreas distintas na Nhecolândia (Dubs 1992). Outros estudos que citam esta espécie nos resultados sempre relatam uma amostra pequena de árvores de *S. apetala* (1-2 árvores) (Pinto e Hay 2005; Salis *et al.* 2006).

Neste contexto, os modelos tradicionais de amostragem de populações de plantas, como o método de parcelas de tamanho fixo com distribuição sistemática ou ao acaso, são ineficientes para coletar dados populacionais para uma espécie com as propriedades exibidas por *S. apetala* no Pantanal. Então, seria necessário um extensivo trabalho de campo que consumiria muito tempo para obter amostras utilizáveis (Clark e Clark 1996; Ubialli *et al.* 2009). Para superar esta adversidade adotou-se o método de busca ativa (Clark e Clark 1987; Santos *et al.* 2006), no qual foram amostradas todas as plantas de *S. apetala* encontradas em janeiro de 2007, durante um esforço amostral de 32 horas em cada um dos cenários de manejo da paisagem (oito horas por quatro dias) foram incluídas. As plantas de *S. apetala* são facilmente reconhecíveis desde os seus

primeiros estágios de vida até a fase adulta. As plantas com até dois metros de altura tiveram a altura total medida. Plantas maiores que dois metros tiveram o DAP anotado. Todas as plantas amostradas foram marcadas com placas de alumínio, possibilitando a reamostragens nos anos seguintes, sempre no mês de janeiro de 2008, 2009 e 2010.

Em estudos de análise de viabilidade populacional (PVA) executados com outras espécies de plantas não arbóreas este método já foi adotado e considerado válido, pois, o objetivo é obter os valores das taxas vitais e sua variação no espaço e no tempo, de modo mais acurado possível, para alimentar um modelo de matriz populacional (Menges 1990; Pfab e Witkowski 2000), porém, existem outros estudos de PVA que obtiveram os valores dos parâmetros populacionais em parcelas permanentes (Lennartsson e Oostermeijer 2001; Obiah *et al.* 2007) ou transectos permanentes (Maschinski *et al.* 1997). O mais importante é que, quando considerado o custo benefício envolvido na coleta de dados ecológicos, a amostra estatística ótima é encontrada comparando a “precisão” desejada com o “custo” de se obter a informação (Schilling e Batista 2008). Ou seja, o modo como foram adquiridos os dados populacionais sobre *S. apetala* no Pantanal foi o encontrado para as informações coletadas serem acuradas e com um custo razoável, de tempo e de dinheiro, especialmente quando consideramos a pequena densidade de indivíduos jovens e adultos de *S. apetala* (Janzen 1972; Dubs 1992).

Classificação de indivíduos de Sterculia apetala em estágios ontogenéticos: todos os indivíduos amostrados foram classificados em estágios ontogenéticos (Gatsuk *et al.* 1980; Marques e Joly 2000). Os estágios foram criados considerando: o estrato que o indivíduo ocupava na floresta (inferior, dossel ou emergente; tamanho sujeito a herbivoria por gado bovino (até 2 metros de altura); a probabilidade de reprodução e o porte com probabilidade de abrigar ninhos de arara-azul (Santos Jr *et al.* 2007).

Assim foram criadas cinco categorias de desenvolvimento, a saber:

- 1) Plântulas estabelecidas: indivíduos sujeitos à herbivoria por gado bovino, maiores que 50cm e menores que 200cm de altura;
- 2) Imaturos: indivíduos maiores que 200 cm de altura e menores que 25cm de DAP, os quais não são reprodutivos e se situam abaixo do dossel florestal;

- 3) Jovens: indivíduos reprodutivos, pertencentes ao dossel florestal e sem porte para abrigar ninhos de arara-azul. Troncos com DAP maior que 25cm e menor que 50cm;
- 4) Adultos: indivíduos reprodutivos, pertencentes ao dossel florestal e com porte para abrigar ninhos de arara-azul. Troncos com DAP maior que 50 cm e menor que 75cm;
- 5) Senis: indivíduos reprodutivos, emergentes e com porte para abrigar ninhos de arara-azul. Troncos com DAP maior que 75cm.

Durante a amostragem muitas plantas de *S. apetala* menores que 50cm de altura foram amostradas. Estas plantas foram também marcadas e monitoradas. Contudo, optou-se por removê-las das análises, pois eram plântulas germinadas a poucos meses, com cerca de 60 dias, e não poderiam ser consideradas estabelecidas. Assim, quando cresceram acima de 50cm de altura entraram na análise de estrutura e dinâmica populacional na categoria plântulas estabelecidas. Outras transições entre estágios ontogenéticos mais avançados foram observadas, tanto para a classe seguinte, como para a classe anterior. Assim, o número de indivíduos numa dada categoria num dado ano é resultado dos indivíduos que permaneceram na categoria e os que exibiram uma transição em direção a ela.

Análise populacional da estrutura populacional de Sterculia apetala baseada em estágios ontogenéticos: os indivíduos de *S. apetala* amostrados, anualmente, em cada cenário, foram distribuídos em função das classes ontogenéticas. As estruturas populacionais assim obtidas foram avaliadas usando duas provas de Kolmogorov-Smirnov (KS). A primeira para avaliar se a população dentro do cenário apresenta variação interanual no período avaliado. A segunda para avaliar se as populações entre cenários diferem em função do histórico de cada cenário. Para a segunda análise KS foram empregadas as estruturas populacionais obtidas na amostragem executada no ano de 2007.

Análise populacional da dinâmica populacional de Sterculia apetala empregando tabela de vida: As tabelas de vida estáticas (Begon *et al.* 2006) foram construídas para as populações de *S. apetala* baseando-se nas estruturas populacionais anualmente amostradas em cada cenário de manejo da paisagem. Tanto a taxa de sobrevivência específica a classe (l_x) e a taxa de

mortalidade específica a classe (q_x) foram multiplicados por 1000 (Harcombe 1987; Cox 1996; Brower *et al.* 1998; Diaz *et al.* 2000). As curvas de sobrevivência e mortalidade foram obtidas utilizando análises de regressão de modelos lineares e não-lineares (Harcombe 1987; Cox 1996). Analisando o ajuste e a forma das curvas das taxas populacionais discutiu-se a dinâmica esperada para as populações de *S. apetala* em cada um dos cenários de manejo da paisagem no Pantanal. Os valores de l_x foram logaritmizados. Os valores negativos calculados em q_x foram substituídos por zero, indicando um intervalo onde não foi registrada nenhuma morte (Harcombe 1987; Cox 1996; Brower *et al.* 1998; Diaz *et al.* 2000). Os dados de sobrevivência foram submetidos a um teste de ANOVA para avaliar a diferença na sobrevivência entre os estágios ontogenéticos.

Outra análise foi feita para a mortalidade das árvores de *S. apetala* com porte para abrigar cavidades-ninho para a arara-azul. Todas as árvores com DAP superiores a 50cm em cada cenário de manejo da paisagem foram acompanhadas. A proporção de árvores mortas foi transformada com $\text{Log}_{10}(x+1)$ e os valores foram submetidos ao teste de ANOVA. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o pacote estatístico SYSTAT 11.

Resultados

Estrutura florestal nos cenários de manejo da paisagem

Cada cenário, que aqui deve ser entendido como a paisagem onde uma população de *S. apetala* está inserida, apresenta características estruturais próprias (**Tabela 3**). As árvores amostradas no cenário Reserva apresentaram os menores valores médios de DAP e de altura. Em contrapartida, exibiu um valor de densidade florestal por hectare superior ao observado nos demais cenários. Tais características decorrem da condição a que este cenário está submetido, como um regime de incêndio florestal há mais de duas décadas (Crispim e Soriano 2003). O último evento ocorreu no ano de 2005 e os parâmetros florestais estimados sugerem que a floresta neste cenário está em processo de regeneração após o distúrbio, quando muitas das árvores do dossel morreram, como pode ser observado *in loco* (**Figura 14**).

As árvores do cenário Braquiária são remanescentes da floresta original após o desflorestamento e o plantio de monocultura de pastagens para a criação de bovinos. As

pastagens foram formadas no ano de 2004 nas duas fazendas que abrigam as áreas de estudo. Algumas árvores foram conservadas durante o desflorestamento resultando numa fisionomia de bosque com reduzido valor de densidade. De um modo geral, as árvores remanescentes são de médio a grande porte, considerando os valores médios de DAP e altura, as quais eram representantes do dossel ou estrato emergente da floresta original. Os estratos florestais inferiores foram completamente removidos. Além disso, a composição da comunidade florestal é direcionada para espécies que foram julgadas de interesse alimentício, madeireiro e conservacionista. Como não foi conduzido um estudo fitossociológico, as espécies não foram identificadas, assim, não foram geradas informações sobre este direcionamento da comunidade florestal.



Figura 14. Vista parcial da floresta estacional semidecidual amostrada no cenário Reserva após incêndio florestal ocorrido em setembro de 2005. Pantanal, sub-região da Nhecolândia. Fazenda Nhumirim, Corumbá, MS. (Foto: W. Tomas).

As árvores do cenário Tradicional posicionam-se intermediariamente em relação aos cenários anteriores, no que se refere aos parâmetros florestais analisados. Todos os estratos florestais estão presentes, entretanto, a presença do gado bovino causa uma redução da biomassa de material combustível disponível para a ocorrência de incêndios florestais (liteira e estrato inferior) (Nunes *et al.* 2009). Além disso, a floresta está praticamente intacta, exceto por retiradas eventuais de madeiras para a lenha, construção e cerca (Salis *et al.* 2006).

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros florestais para os três cenários de manejo da paisagem analisados no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Diâmetro na Altura do Peito (DAP), Altura total (Ht) e densidade florestal por hectare (obtida pelo método do ponto quadrante). (Min: valor mínimo amostrado; Med: valor médio estimado; DP: desvio padrão; Max: valor máximo amostrado).

Cenários de manejo	DAP (cm)			Ht (m)			Densidade
	Min	Med±DP	Max	Min	Med±DP	Max	Árvores (DAP>10cm)/hectare
Reserva	10	22±12,26 ^a *	64	3	8±4,01 ^a #	22	864
Tradicional	10	29±14,21 ^b *	72	4	9±4,04 ^a #	22	540
Braquiária	11	39±11,79 ^c *	75	3	11±2,95 ^b *	19	19

DAP (ANOVA; N=240; gl=2,237; F=38.214; P=0,001; α=0,05; Tukey= *0,001)

Ht (ANOVA; N=240; gl=2,237; F=18.437; P=0,001; α=0,05; Tukey= *0,001; #0,44)

Densidade (N=20 pontos amostrais/cenário de manejo)

Fonte: Dados de campo

Estrutura populacional de *Sterculia apetala* nos cenários de manejo da paisagem

Entre anos

As populações de *S. apetala* exibiram estruturas populacionais que podem ser consideradas constantes ao longo do período estudado, em todos os cenários de manejo da paisagem (**Tabela 4**), apesar da variação observada no número de indivíduos nos estágios ontogenéticos (**Tabela 5**).

Entre cenários

As populações de *S. apetala* amostradas apresentaram estruturas populacionais significativamente diferentes entre cenários de manejo da paisagem (empregando os dados de 2007) (**Figura 15**). No cenário Reserva, a população foi caracterizada devido ao estágio ontogenético Imaturos abrigar o maior número de indivíduos de *S. apetala*. No cenário Tradicional, a população foi caracterizada devido ao estágio ontogenético Jovens abrigar o maior número de indivíduos de *S. apetala*. No cenário Braquiária, a população foi caracterizada devido à notável ausência de indivíduos no estágio ontogenético Imaturos e pelo estágio ontogenético Adultos abrigar o maior número de indivíduos de *S. apetala*.

Tabela 4. Sumário estatístico da prova de Kolmogorov-Smirnov para testar a variação interanual da estrutura populacional de *Sterculia apetala* em três cenários de manejo da paisagem no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS.

Reserva	2007x2008	2007x2009	2007x2010
<i>Desvio máximo</i>	0,061	0,035	0,077
<i>Desvio crítico</i>	0,189	0,192	0,194
<i>G_I</i>	2	2	2
<i>Qui-quadrado</i>	0,766	0,245	1,175
<i>P</i>	0,687	0,884	0,555
Tradicional	2007x2008	2007x2009	2007x2010
<i>Desvio máximo</i>	0,021	0,029	0,049
<i>Desvio crítico</i>	0,164	0,164	0,166
<i>G_I</i>	2	2	2
<i>Qui-quadrado</i>	0,127	0,231	0,664
<i>P</i>	0,938	0,890	0,717
Braquiária	2007x2008	2007x2009	2007x2010
<i>Desvio máximo</i>	0,081	0,083	0,036
<i>Desvio crítico</i>	0,218	0,221	0,225
<i>G_I</i>	2	2	2
<i>Qui-quadrado</i>	1,021	1,040	0,195
<i>P</i>	0,600	0,594	0,906

Fonte: dados de campo

Tabela 5. Número de indivíduos de *Sterculia apetala* em cada classe de estágios ontogenético por cenários de manejo da paisagem no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS.

Reserva	2007	2008	2009	2010
1 – Plântula	22	15	17	12
2 – Imaturo	48	51	43	45
3 – Jovem	24	24	24	23
4 – Adulto	8	8	8	8
5 – Senil	3	3	3	3
Total	105	101	95	91
Tradicional	2007	2008	2009	2010
1 – Plântula	33	34	29	24
2 – Imaturo	35	32	37	37
3 – Jovem	46	41	40	39
4 – Adulto	20	21	22	21
5 – Senil	5	6	6	7
Total	139	134	134	128
Braquiaria	2007	2008	2009	2010
1 – Plântula	15	23	22	17
2 – Imaturo	4	2	1	2
3 – Jovem	21	20	20	19
4 – Adulto	23	24	22	21
5 – Senil	11	12	12	12
Total	74	81	77	71

Fonte: dados de campo

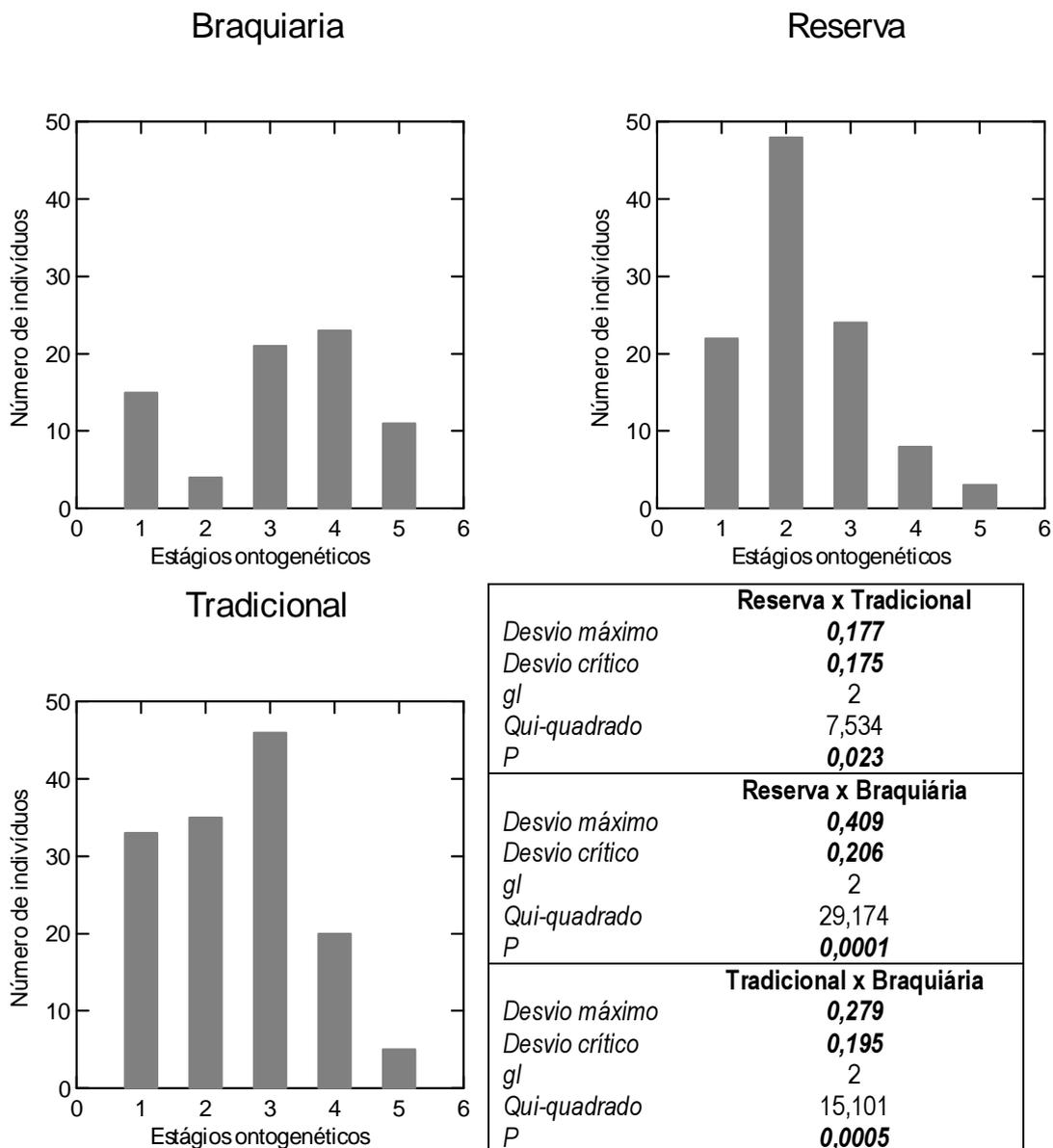


Figura 15. Distribuição de indivíduos de *Sterculia apetala* em estágios ontogenéticos para três cenários de manejo, no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. O quadro apresenta o sumário estatístico da prova de Kolmogorov-Smirnov para testar a variação da estrutura populacional de *Sterculia apetala* entre os três cenários de manejo da paisagem. (1) Plântulas estabelecidas; 2) Imaturos; 3) Jovens; 4) Adultos; 5) Senis).

Dinâmica populacional de *Sterculia apetala* nos cenários de manejo

Abaixo são apresentadas as tabelas de vida estáticas calculadas para as populações de *S. apetala* para cada ano e para cada cenário de manejo da paisagem (**Tabelas 6, 7, 8**). Uma importante observação que pode ser constatada é que há um padrão de dinâmica populacional esperado para cada cenário, entretanto, ocorre uma variação anual da sobrevivência e mortalidade dos indivíduos de *S. apetala* nos cenários de manejo da paisagem (**Figura 16**).

Os valores de sobrevivência (l_x) estimados para a população de *S. apeala* no cenário Reserva apresentaram melhor ajuste a um modelo não-linear (NONLIN; N=20; gl=19; $r^2=0,88$; Sobrevivência de *Sterculia apetala*= $2,610+(0,615*\text{estágio_ontogenético})+(-0,140*(\text{estágio_ontogenético}^2))$). Por sua vez, os valores de mortalidade (q_x) apresentaram melhor ajuste a um modelo geral linear (GLM; N=20; gl=19; F=113,843; $r^2=0,86$; P=0,001; $\alpha=0,05$; Mortalidade de *Sterculia apetala*= $-84,871+(213,496*\text{estágio_ontogenético})$).

O mesmo padrão de ajuste dos parâmetros populacionais foi obtido para a população de *S. apetala* no cenário Tradicional. Os valores de sobrevivência (l_x) estimados para a população de *S. apeala* no cenário Tradicional apresentaram melhor ajuste a um modelo não-linear (NONLIN; N=20; gl=19; $r^2=0,93$; Sobrevivência de *Sterculia apetala* = $2,557+(0,526*\text{estágio_ontogenético})+(-0,115*(\text{estágio_ontogenético}^2))$). Por sua vez, os valores de mortalidade (q_x) apresentaram melhor ajuste a um modelo geral linear (GLM; N=20; gl=19; F=267,138; $r^2=0,93$; P=0,001; $\alpha=0,05$; Mortalidade de *Sterculia apetala*= $-361,463+(268,514*\text{estágio_ontogenético})$).

Ambas as populações de *S. apetala*, que crescem nos cenários Reserva e Tradicional, apresentam grande semelhança nos padrões de sobrevivência e mortalidade. Nestes dois cenários, as populações diferem exclusivamente na sobrevivência dos indivíduos do estágio ontogenético Imaturos. As taxas de sobrevivência calculadas para os indivíduos de *S. apetala* pertencentes aos outros estágios ontogenéticos não diferiram significativamente (**Tabela 9**). Nos cenários de manejo da paisagem Reserva e Tradicional a sobrevivência dos indivíduos de *S. apetala* foi descrita por uma função não linear de três fatores, a qual se assemelha a uma curva convexa, indicando um aumento do risco de morte com o aumento da idade (aqui dada como estágio ontogenético). Este padrão é enfatizado quando analisamos a curva de mortalidade ajustada para os dois cenários. A função aponta para um aumento linear do risco de morte para

os indivíduos de *S. apetala* em função do aumento da idade (aqui dada como estágio ontogenético) (**Figuras 16**).

A população de *S. apetala* que cresce no cenário Braquiária apresenta um padrão de sobrevivência e mortalidade bem diferente do observado nos outros cenários. Os valores de sobrevivência (l_x) estimados para a população de *S. apeala* no cenário Braquiária apresentaram melhor ajuste a um modelo não-linear (NONLIN; N=20; gl=19; $r^2=0,68$; Sobrevivência de *Sterculia apetala*= $6,045+(-4,667*\text{estágio_ontogenético})+(1,763*(\text{estágio_ontogenético}^2))+(-0,192*(\text{estágio_ontogenético}^3)$). Neste cenário, os valores de mortalidade (q_x) estimados para a população de *S.apetala*, também, apresentaram melhor ajuste a um modelo não-linear (NONLIN; N=20; gl=19; $r^2=0,91$; Mortalidade de *Sterculia apetala*= $1881,74+(-1326,01*\text{estágio_ontogenético})+(233,24*(\text{estágio_ontogenético}^2)$). A taxa de sobrevivência dos indivíduos de *S. apetala* no estágio ontogenético Imaturos foi significativamente inferior às taxas de sobrevivência dos demais cenários. As taxas de sobrevivência dos indivíduos de *S. apetala* dos estágios ontogenéticos Adultos e Senis foram significativamente maiores que as taxas de sobrevivência dos demais cenários. Os três cenários não diferem nas taxas de sobrevivência dos indivíduos de *S. apetala* do estágio ontogenético Jovens (**Tabela 9**).

A curva de sobrevivência de indivíduos *S. apetala* ajustada para o cenário Braquiária é descrita por uma função não linear de quatro fatores. O modelo ajustado não se assemelha a nenhum dos modelos teóricos propostos para curvas de sobrevivência. A despeito disso, o modelo aponta para a reduzida sobrevivência dos indivíduos de *S. apetala* do estágio ontogenético Imaturos. O modelo aponta, também, para a alta sobrevivência de indivíduos de *S. apetala* dos estágios ontogenéticos Adultos e Senis, em conformidade ao anteriormente descrito na **Tabela 9**. A curva de mortalidade ajustada para a população de *S. apetala* no cenário Braquiária é descrita por uma função não linear de três fatores, que, diferentemente dos cenários Reserva e Tradicional, aponta para uma alta mortalidade de indivíduos de *S. apetala* nos estágios ontogenéticos Plântulas estabelecidas, Adultos e Senis. Ou seja, a mortalidade não aumenta de modo linear com a idade (aqui dada como estágio ontogenético) (**Figura 16**). Portanto, algum outro fator que atua de modo independente em relação à idade influencia a mortalidade dos indivíduos de *S. apetala* neste cenário.

Tabela 6. Tabelas de vida calculadas para a população de *Sterculia apetala* no cenário de manejo da paisagem *Reserva*, Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Fórmulas dos cálculos podem ser obtidas em Cox 1996; Brower *et al.* 1998; Diaz *et al.* 2000. (L_x : número de indivíduos de *Sterculia apetala* amostrados pertencentes ao estágio ontogenético; l_x : taxa de sobrevivência específica a classe; $\text{Log}l_x$: logaritmo₁₀ de l_x ; q_x : taxa de mortalidade específica a classe).

2007	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	22	1000	3	0
Imaturos	48	2181.81	3.33	500
Jovens	24	1090.90	3.03	666.66
Adultos	8	363.63	2.56	625
Senis	3	136.36	2.13	1000
Nº de indivíduos	105			
2008	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	15	1000	3	0
Imaturos	51	3400	3.53	529.41
Jovens	24	1600	3.20	666.66
Adultos	8	533.33	2.72	625
Senis	3	200	2.30	1000
Nº de indivíduos	101			
2009	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	17	1000	3	0
Imaturos	43	2529.41	3.40	441.86
Jovens	24	1411.76	3.14	666.66
Adultos	8	470.58	2.67	625
Senis	3	176.47	2.24	1000
Nº de indivíduos	95			
2010	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	12	1000	3	0
Imaturos	45	3750	3.57	488.88
Jovens	23	1916.66	3.28	652.17
Adultos	8	666.66	2.82	625
Senis	3	250	2.39	1000
Nº de indivíduos	91			

Fonte: dados de campo

Tabela 7. Tabelas de vida calculadas para a população de *Sterculia apetala* no cenário de manejo da paisagem *Tradicional*, Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Fórmulas dos cálculos podem ser obtidas em Cox 1996; Brower *et al.* 1998; Diaz *et al.* 2000. (L_x : número de indivíduos de *Sterculia apetala* amostrados pertencentes ao estágio ontogenético; l_x : taxa de sobrevivência específica a classe; $\text{Log}l_x$: logaritmo₁₀ de l_x ; q_x : taxa de mortalidade específica a classe).

2007	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	33	1000	3	0
Imaturos	35	1060.60	3.02	0
Jovens	46	1393.93	3.14	565.21
Adultos	20	606.06	2.78	750
Senis	5	151.51	2.18	1000
Nº de indivíduos	139			
2008	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	34	1000	3	58.82
Imaturos	32	941.17	2.97	0
Jovens	41	1205.88	3.08	487.80
Adultos	21	617.64	2.79	714.28
Senis	6	176.47	2.24	1000
Nº de indivíduos	134			
2009	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	29	1000	3	0
Imaturos	37	1275.86	3.10	0
Jovens	40	1379.31	3.13	450
Adultos	22	758.62	2.88	727.27
Senis	6	206.89	2.31	1000
Nº de indivíduos	134			
2010	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	24	1000	3	0
Imaturos	37	1541.66	3.18	0
Jovens	39	1625	3.21	461.53
Adultos	21	875	2.94	666.66
Senis	7	291.66	2.46	1000
Nº de indivíduos	128			

Fonte: dados de campo

Tabela 8. Tabelas de vida calculadas para a população de *Sterculia apetala* no cenário de manejo da paisagem *Braquiária*, Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Fórmulas dos cálculos podem ser obtidas em Cox 1996; Brower *et al.* 1998; Diaz *et al.* 2000. (L_x : número de indivíduos de *Sterculia apetala* amostrados pertencentes ao estágio ontogenético; l_x : taxa de sobrevivência específica a classe; $\text{Log}l_x$: logaritmo₁₀ de l_x ; q_x : taxa de mortalidade específica a classe).

2007	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	15	1000	3	733.33
Imaturos	4	266.66	2.42	0
Jovens	21	1400	3.14	0
Adultos	23	1533.33	3.18	521.73
Senis	11	733.33	2.86	1000
Nº de indivíduos	74			
2008	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	23	1000	3	913.04
Imaturos	2	86.95	1.93	0
Jovens	20	869.56	2.93	0
Adultos	24	1043.47	3.01	500
Senis	12	521.73	2.71	1000
Nº de indivíduos	81			
2009	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	22	1000	3	954.54
Imaturos	1	45.45	1.65	0
Jovens	20	909.09	2.95	0
Adultos	22	1000	3	454.54
Senis	12	545.45	2.73	1000
Nº de indivíduos	77			
2010	L_x	l_x	$\text{Log}l_x$	q_x
Plântulas	17	1000	3	882.35
Imaturos	2	117.64	2.07	0
Jovens	19	1117.64	3.04	0
Adultos	21	1235.29	3.09	428.57
Senis	12	705.88	2.84	1000
Nº de indivíduos	71			

Fonte: dados de campo

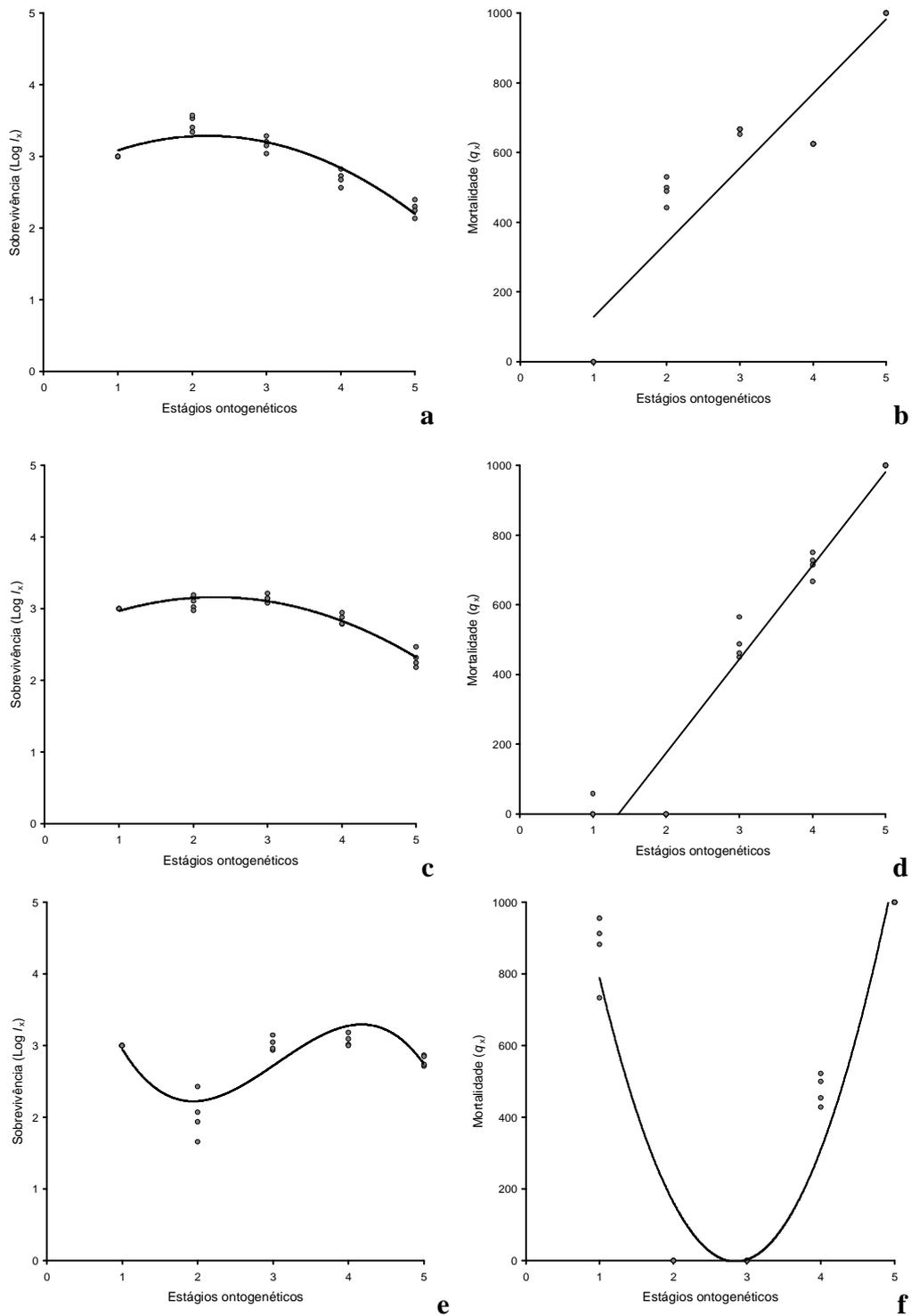


Figura 16. Curvas de sobrevivência ($\text{Log}_{10} l_x$) e mortalidade (q_x) de populações de *Sterculia apetala* para os anos 2007 a 2010 nos cenários de manejo **Reserva (a, b)**, **Tradicional (c, d)** e **Braquiária (e, f)**, no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. 1) Plântulas estabelecidas; 2) Imaturos; 3) Jovens; 4) Adultos; 5) Senis.

Tabela 9. Diferenças nas taxas de sobrevivência ($\text{Log}_{10}l_x$) entre os estágios ontogenéticos de *Sterculia apetala* nos três cenários de manejo da paisagem no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS.

Cenários de manejo	Estágios Ontogenéticos			
	Imaturos	Jovens	Adultos	Senis
Reserva	3,4±0,11a	3,1±0,10a	2,6±0,10a	2,2±0,09a
Tradicional	3,0±0,09b	3,1±0,05a	2,8±0,07a	2,2±0,12a
Braquiária	2,0±0,32c	2,9±0,09a	3,0±0,08b	2,7±0,07b

Imaturos: ANOVA, N=12; gl=2,9; F=53.909; P=0,001; $\alpha=0,05$; Tukey<0,05

Jovens: ANOVA, N=12; gl=2,9; F=3.267; P=0,086; $\alpha=0,05$; Tukey>0,05

Adultos: ANOVA, N=12; gl=2,9; F=17.624; P=0,001; $\alpha=0,05$; Tukey<0,05

Senis: ANOVA, N=12; gl=2,9; F=33.676; P=0,001; $\alpha=0,05$; Tukey<0,05

Fonte: dados de campo

As proporções de árvores de *S. apetala* com porte para abrigar cavidade-ninhos (DAP>50cm) para a arara-azul que morreram durante os anos de 2007-2010 não diferiam entre os cenários de manejo da paisagem (ANOVA; N=9; gl=2,6; F=2,820; P=0,137; $\alpha=0,05$; Tukey=0,12^a) (**Figura 17**). Apesar disso, as causas de morte que foram registradas indicam que pode existir uma diferença entre os cenários de manejo (**Tabela 10**).

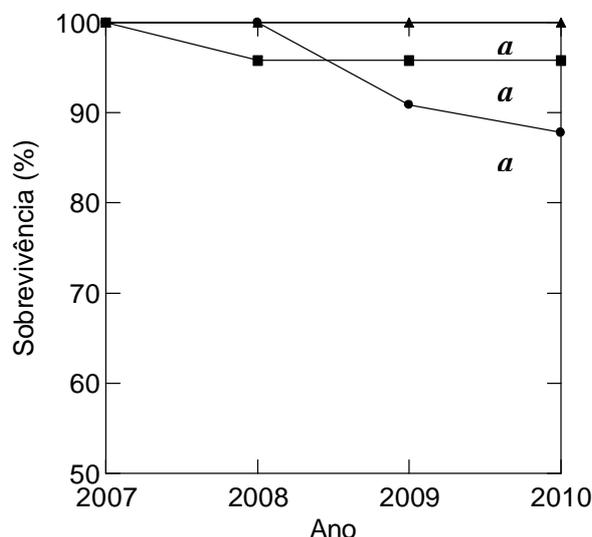


Figura 17. Porcentagem de sobrevivência de um grupo de indivíduos de *Sterculia apetala* com Diâmetro na Altura do Peito superior a 50 cm marcados em janeiro de 2007. ▲=Reserva (N=11); ●=Braquiária (N=33); ■=Tradicional (N=24).

Tabela 10. Tipos de mortes registradas para árvores de *Sterculia apetala*, com diâmetro na altura do peito maior que 50 cm, em três cenários de manejo da paisagem, Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS. Classificação segundo D'Angelo *et al.* (2004).

Causas de mort	Reserva	Tradicional	Braquiária
Desenraizada	0	1	0
Quebra do fuste	0	0	2
Morta em pé	0	0	2
Outros (Raios)	0	0	0

Fonte: Dados de Campo

Discussão

As populações de *S. apetala* apresentam baixa densidade em diferentes pontos ao longo de sua distribuição (Janzen 1972; Dubs 1992; Dvorak *et al.* 1998; Salis *et al.* 2006). Como toda espécie de árvore de grande porte e longeva, regularmente, atinge o estrato emergente do dossel florestal. Espécies com estas propriedades são conhecidas pela sua escassez de indivíduos, dificultando a obtenção de informações estatisticamente utilizáveis (Clark e Clark 1996). Além disso, diferentes autores não recomendam o uso de métodos de amostragem empregados tradicionalmente para gerar informações sobre espécies arbóreas raras (densidade estimada < 1 árvore com 10cm de DAP/hectare) (Rankin-de-Merona e Ackerly 1987; Clark e Clark 1996; Ubialli *et al.* 2009).

Devido a estas condições restritivas poucos são os pesquisadores que executam estudos populacionais com espécies arbóreas de grande porte, longevas e raras (Clark e Clark 1996). Os pesquisadores aparentemente selecionam para o estudo espécies com densidade média a alta, que geram informações estatisticamente utilizáveis demandando menos tempo e dinheiro, como o estudo de Marques e Joly (2000), por exemplo.

Existem casos em que não podemos escolher espécies de média a alta densidade populacional, ou mesmo evitar estudar as árvores raras. Especialmente, quando consideramos as recomendações da biologia da conservação, que argumentam que as espécies raras são mais sujeitas à extinção (Gilpin e Soulé 1986). É sob este contexto que o estudo aqui apresentado foi realizado. *Anodorhynchus hyacinthinus* (Latham 1720), popularmente conhecida como Arara-

azul, é listada como ameaçada de extinção e nidifica em 95% dos casos em tronco de *S. apetala* no Pantanal (Guedes 1993; Pinho e Nogueira 2003).

O efeito do histórico de manejo da paisagem sobre a estrutura populacional de *Sterculia apetala*

A análise populacional deve ter em foco que o ambiente atua sobre os atributos numéricos da população, influenciando indiretamente a fecundidade e sobrevivência de cada estágio ontogenético (Caughley 1977). Considerando esta condição, os dados da estrutura da paisagem somados aos de estrutura populacional de *S. apetala* revelam informações importantes. Primeiro, os diferentes históricos resultam em diferentes estruturas de cenários. Este efeito, por sua vez, resulta em diferentes estruturas populacionais de *S. apetala*, uma para cada cenário de manejo da paisagem. E, em terceiro lugar, os processos populacionais que resultaram na diferença de estrutura populacional variam mais no espaço, isto é, entre populações, do que no tempo, ou dentro da mesma população.

Estudos populacionais para outras espécies arbóreas apontam para este mesmo padrão. Por exemplo, *Populus tremuloides* apresentou diferentes estruturas populacionais em resposta a variação espacial do padrão de herbivoria das plântulas por *Elk elaphus*, os quais variam a sua distribuição em função do risco de predação (Larsen e Ripple 2003). Para *Ocotea puberula* e *Araucaria angustifolia* as estruturas populacionais variaram entre comunidades florestais em diferentes fases sucessionais, possivelmente devido aos requerimentos ecológicos exigidos pelos indivíduos destas espécies mudarem ao longo da história de vida (Caldato *et al.* 2003; Pulchalski *et al.* 2006).

Dinâmica populacional de *Sterculia apetala* nos cenários de manejo da paisagem: curvas de sobrevivência

Os resultados apontam que no cenário Reserva ocorreu uma sobrevivência maior de indivíduos de *S. apetala* no estágio ontogenético Imaturos do que a observada nos cenários Tradicional e Braquiária. O cenário Reserva é uma Unidade de Conservação classificada segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação como uma Reserva Particular do

Patrimônio Natural (Lei Federal 9.985/2000). Neste ambiente, o gado bovino foi excluído há mais de duas décadas e, deste então, nenhuma outra atividade que não fosse pesquisa ou educação ambiental foi desenvolvida na área. Assim, a sobrevivência de indivíduos imaturos de *S. apetala* neste cenário pode ser atribuída à ausência do gado bovino, principalmente, quando consideramos que estes animais estão presentes nos outros cenários. Além disso, o gado bovino é citado por diferentes estudos como um importante herbívoro de novos recrutas de populações de espécies arbóreas em diferentes regiões do globo terrestre, inclusive de *S. apetala* (Janzen 1972; Johnson *et al.* 1997; Garcia *et al.* 1999; Gomez *et al.* 2003; Nunes da Cunha e Junk 2004; Vieira *et al.* 2006; Sampaio e Guarino 2007).

Deve também existir um efeito da estrutura florestal sobre a sobrevivência dos indivíduos imaturos de *S. apetala* no cenário Reserva. Este cenário está sujeito a um regime de incêndio florestal (Crispim e Soriano 2003). Assim, apresenta-se com árvores menores e mais adensadas, conforme os dados de estrutura florestal coletados, indicando regeneração após o último incêndio florestal, ocorrido no ano de 2005. É possível que, sob estas circunstâncias, o dossel florestal mostre-se descontínuo ou menos cerrado que o do cenário Tradicional, o qual raramente é acometido por incêndio florestal. Caso o dossel florestal do cenário Reserva seja realmente menos denso, haverá uma maior disponibilidade de luz, promovendo melhores condições de sobrevivência e um maior crescimento em altura para os indivíduos imaturos de *S. apetala*. Contudo, não foi realizado nenhum tipo de amostragem de cobertura de dossel para possibilitar uma conclusão embasada nesta hipótese.

No cenário Braquiária, a redução da sobrevivência de indivíduos de *S. apetala* do estágio ontogenético Imaturos, primeiramente, deve-se ao modo como o desflorestamento é realizado e pela herbivoria pelo gado bovino, em segundo. As árvores de maior porte, inclusive *S. apetala*, são selecionadas para não serem derrubadas, enquanto que o restante da floresta é totalmente removido para ser substituído por plantio de pastagem forrageira para o gado bovino. Neste momento, as árvores de pequeno e médio porte (os indivíduos imaturos de *S. apetala* estão inseridos nesse grupo) são derrubadas, enleiradas e queimadas. Alguns poucos sobreviventes, que antes estavam protegidos no interior da floresta, tornam-se alvo da herbivoria pelo gado bovino.

Este mesmo padrão de desflorestamento explica a inconsistente maior sobrevivência de indivíduos de *S. apetala* dos estágios ontogenéticos Adultos e Senis no cenário Braquiária,

quando comparado à sobrevivência observada para estes estágios nos outros dois cenários. Não há evidência alguma que sugira que a sobrevivência dos indivíduos Adultos e Senis de *S. apetala* no cenário Braquiária seja realmente superior aos dos demais cenários. O que ocorre é que a seleção das árvores de grande porte de *S. apetala* para não serem derrubadas faz com que a sobrevivência destas seja aumentada, quando comparadas aos demais estágios ontogenéticos da mesma população. Este resultado deve ser considerado um artefato do método.

No cenário Tradicional, a sobrevivência de indivíduos de *S. apetala* do estágio ontogenético Imaturos apresentou um valor médio intermediário ao observado para os cenários Reserva e Braquiária. Apesar dessa diferença, os outros estágios ontogenéticos não diferiram nos valores médios de sobrevivência dos observados para o cenário Reserva. Este resultado demonstra que a sobrevivência diferencial dos Imaturos, entre os cenários Reserva e Tradicional, não implica em redução da transição de indivíduos para os próximos estágios ontogenéticos da população.

Uma hipótese para esta constatação é que no cenário Reserva deve existir algum agente ecológico que causa uma redução da sobrevivência, tornando equivalente a transição de indivíduos para os próximos estágios ontogenéticos nos cenários Reserva e Tradicional. O fogo deve ser o provável agente ecológico, pois, os indivíduos Imaturos de *S. apetala* devem ser mais suscetíveis a morte em incêndios florestais. Não foram coletados dados para embasar esta afirmação. No entanto, Fiedler *et al.* (2004) e Medeiros e Miranda (2005) descrevem que lenhosas com o Diâmetro Basal inferior a 14cm são mais propensas à morte após a ocorrência de queimadas em diferentes fisionomias de Cerrado. Talvez indivíduos imaturos de espécies florestais, como *S. apetala*, sigam padrão semelhante.

Dinâmica populacional de *Sterculia apetala* nos cenários de manejo da paisagem: curvas de mortalidade

Dando continuidade à análise populacional de *S. apetala*, em diferentes cenários de manejo da paisagem, enfoque nas curvas de mortalidade. Harcombe (1987) e Diaz *et al.* (2000) argumentam que as curvas de mortalidade são mais informativas para avaliações demográficas de populações de árvores longevas e de grande porte, como *S. apetala*, pois destacam as diferenças demográficas.

As curvas de mortalidade ajustadas para as populações de *S. apetala* nos cenários Reserva e Tradicional mostram que ambas as populações seguem um padrão semelhante de mortalidade, com algumas pequenas diferenças. De um modo geral, para estes dois cenários, observa-se que há o aumento linear do risco de morte em função dos estágios ontogenéticos. Esse padrão é próximo do esperado para as populações de árvores longevas e de grande porte em florestas conservadas, pois, considerando que sejam espécies tolerantes à sombra, suas sementes germinarão e seus indivíduos imaturos se estabelecerão e crescerão protegidos dentro da floresta (Lieberman *et al.* 1990). Estes indivíduos aguardarão a abertura de uma clareira para se posicionarem no dossel ou terminarão morrendo (Lima 2005). Os que conseguirem atingir o dossel irão prosseguir seu desenvolvimento e após algum tempo, quando se posicionarem no estrato emergente da floresta, experimentarão um aumento da probabilidade de morte devido às tempestades e ventanias (Harcombe 1987). Indivíduos adultos de *S. apetala* são extremamente suscetíveis à quebra de galhos da copa por ação de ventanias (Francis 2000).

A curva de mortalidade para o cenário Braquiária ilustra que o padrão de mortalidade esperado para uma população de *S. apetala* é fortemente alterado quando a floresta é removida, bem como as causas de morte de seus indivíduos. Além do aumento incontestável do risco de morte dos indivíduos de *S. apetala* dos estágios ontogenéticos iniciais, há uma considerável redução do risco de morte dos indivíduos de *S. apetala* do estágio ontogenético Jovens. Esta redução se deve ao fato de estes indivíduos estarem inseridos no grupo das árvores protegidas, bem como serem menos suscetíveis aos agentes de morte, quando comparados aos indivíduos adultos e senis.

Os indivíduos de *S. apetala* dos estágios ontogenéticos Adultos e Senis, no cenário Braquiária, apresentam um aumento desproporcional do risco de morte. Este aumento exponencial do risco de morte resulta do fato de que árvores de grande porte expostas são mais suscetíveis à quebra do fuste e da copa ou desenraizamento, bem como da incapacidade destes organismos aclimatarem-se às novas condições ambientais, pós-desflorestamento. Três fatores aumentam as taxas de mortalidade de árvores de grande porte em ambiente fragmentado, o estresse microclimático, danos causados por ventanias e sufocamento por lianas (D'Angelo *et al.* 2004). As mortes anotadas para árvores de *S. apetala* isoladas em matriz de pastagens obedecem a este padrão. Duas árvores morreram em pé, indicando incapacidade de se adaptar às novas condições microclimáticas, outras duas morreram partidas ao meio após ventanias.

Os modelos de curvas de mortalidade para os três cenários revelam uma grande diferença na demografia das populações de *S. apetala* avaliadas. Entretanto, o monitoramento da morte das árvores de maior porte (Adultas e Senis, DAP>50cm) não constatou a diferença esperada. Esta aparente inconsistência é facilmente explicada. O monitoramento aconteceu numa escala de quatro anos (2007-2010) e, por isso, foi incapaz de detectar um processo demográfico que responde numa escala de tempo superior, de décadas, talvez séculos, como esperado para árvores longevas e de grande porte (Condit *et al.* 1998). Por esta razão, recomenda-se que o monitoramento de morte das árvores seja continuado e, desse modo, se tornará possível avaliar a robustez do modelo matemático.

Neste sentido, a aparente proteção das árvores adultas de *S. apetala* durante o desflorestamento no cenário Braquiária não causa o efeito conservacionista esperado no longo prazo, pois, segundo a curva de mortalidade ajustada para a população neste cenário, espera-se que em alguns anos a mortalidade causada por estresse microclimático ou ventania reduza consideravelmente a população de *S. apetala*.

Limitações do estudo

Os valores dos parâmetros populacionais empregados no ajuste das curvas de sobrevivência e mortalidade não apresentam independência espacial. Isto é, os valores estimados para as taxas de sobrevivência e mortalidade foram baseados em medidas obtidas sempre da mesma população, portanto, são pseudo-repetições (Hurlbert 1984; Magnusson e Mourão 2003). Infelizmente, este era um obstáculo incontornável para a execução deste estudo, comum a estudos de Biologia da Conservação (Metzger 2004).

Inexistem outras populações de *S. apetala* crescendo em habitats com condição similares como no cenário Reserva. Áreas onde o gado bovino foi excluído a mais de 20 anos, com cobertura vegetal e regime de inundação similar ao experimentado pela população de *S. apetala* no cenário Reserva não são encontradas em outras porções do Pantanal. Assim, a abordagem adotada assume que as populações estudadas são modelos hipotéticos de estrutura e dinâmica populacional, contudo, experimentando condições ecológicas reais. Ela é fortemente limitada pela ausência de poder para inferência sobre a estrutura e dinâmica de outras populações de *S. apetala* na região. Entretanto, é válida por indicar o caminho a seguir nas próximas análises.

Ainda existem muitas populações de *S. apetala* sob condições similares às experimentadas pela população estudada no cenário Tradicional e muitas estão atingindo as condições observadas no cenário Braquiária. Para estes dois cenários será possível a adoção de repetições reais e a realização de um estudo com a adoção de uma metodologia já experimentada.

Conclusão

Os diferentes históricos dos cenários de manejo afetam de modo diferencial as populações de *S. apetala* inseridas neles, resultando em diferentes estruturas populacionais. As populações de *S. apetala* nos cenários Reserva e Tradicional apresentam diferentes estruturas populacionais, no entanto, o padrão de dinâmica populacional para ambas as populações é similar. A população de *S. apetala* que habita o cenário Braquiária, em contrapartida, apresenta grandes diferenças na estrutura e dinâmica populacional em relação aos demais cenários. Quando contrastados os modelos de sobrevivência e mortalidade de indivíduos de *S. apetala* para os três cenários de manejo da paisagem fica evidente que somente a presença do gado bovino pouco influi na dinâmica populacional. No entanto, quando o desflorestamento é somado à presença do gado a dinâmica populacional de *S. apetala* é alterada e, talvez, a viabilidade populacional comprometida. Isto ocorre devido à remoção da floresta, à presença do gado bovino e à maior exposição das árvores adultas às ventanias no cenário Braquiária, aumentar muito a mortalidade dos indivíduos desta população. Os modelos de curvas de mortalidade para os três cenários de manejo da paisagem sugerem uma grande diferença na demografia das populações de *S. apetala* avaliadas. Entretanto, o monitoramento da morte das árvores dos estágios ontogenéticos Adultos e Senis não constatou a diferença esperada. Esta aparente inconsistência é devido ao monitoramento acontecer numa escala de somente quatro anos e, portanto, incapaz de detectar um processo demográfico que ocorre ao longo de escala de tempo superior.

Capítulo III

Sucessão ecológica de aves em cavidades nos troncos de árvores de *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst (Malvaceae) no Pantanal

Resumo

Árvores de grande porte são os maiores organismos em algumas florestas e são ecologicamente muito mais importantes do que sua densidade populacional é capaz de sugerir. No entanto, raros são os relatos que demonstraram este fato. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi apresentar uma relação de espécies de aves que interagem com árvores de *Sterculia apetala* no Pantanal, especialmente as que nidificam em seus troncos, bem como discutir os fatores ecológicos que afetam estas relações. Foram listadas 29 espécies de aves utilizando recursos disponibilizados por árvores de *S. apetala* no Pantanal. Uma em cada cinco espécies de aves não-passeriformes listadas para o Pantanal foi registrada fazendo uso de algum recurso disponibilizado por *S. apetala*. Cerca de 68% (N=19) das espécies de aves observadas se reproduzem nas cavidades encontradas nos troncos de *S. apetala*. São discutidos diferentes aspectos ecológicos que afetam a colonização de cavidades em árvores como habitat reprodutivo por aves não-passeriformes no Pantanal. **Palavras-chave:** conservação de aves; habitat reprodutivo; cavidade-ninho; *Anodorhynchus hyacinthinus*

Abstract

Large trees are the largest bodies and in some forests are ecologically more important than its density population is able to suggest. However, rare are the reports that have demonstrated this fact. In this sense, the objective of this study was to present a list of bird species that interact with trees of *Sterculia apetala* in the Pantanal, especially those that nest in their trunks, as well as discuss the ecological factors that affect these relationships. Were listed 29 species of birds using resources provided by trees of *S. apetala* in the Pantanal. One in five species of non-passerine birds listed for the Pantanal was recorded making use of some resource provided by *S. apetala*. About 68% (N = 19) of bird species observed are reproduced in cavities found in the trunks of *S. apetala*. We discuss various ecologicals factors that affect the colonization of

cavities in trees as breeding habitat for non-passerine birds in the Pantanal. **Keywords:** bird conservation, breeding habitat; nest-cavity; *Anodorhynchus hyacinthinus*

Introdução

As árvores de grande porte são os maiores organismos em algumas florestas, particularmente, naquelas onde ocasionalmente há árvores emergentes que se sobressaem ao dossel. Arbitrariamente, as árvores de grande porte são aquelas que têm mais de 70cm de DAP (Diâmetro a Altura do Peito – medido a 1,3m acima do solo) e acumulam a maior porção da biomassa acima do solo nas florestas. Comumente, as populações destas árvores apresentam a densidade inferior a 1 indivíduo por hectare para indivíduos com 10cm de DAP ou mais (Clark e Clark 1996; Laurance *et al.* 2004; Ubialli *et al.* 2009).

As árvores de grande porte são ecologicamente muito mais importantes do que sua densidade populacional é capaz de sugerir. Por exemplo, uma árvore de 150cm de DAP equivale aproximadamente a 607 árvores de 10cm de DAP, em termos de estocagem de biomassa. Além disso, estes organismos exercem um papel de suma importância nas comunidades florestais, influenciando o microclima pela produção de sombra, abrigo do vento, absorção e escoamento de águas de chuva, pela sua participação no ciclo hidrológico na parte da evapotranspiração e, ainda, fornecendo abrigo e alimento para outros organismos (Rankin-de-Merona e Ackerly 1987; Clark e Clark 1996).

No entanto, a despeito da importância das árvores de grande porte para o ecossistema em que estão inseridas, raros são os relatos que demonstraram este fato. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi apresentar uma relação de espécies de aves que interagem com árvores de *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst no Pantanal, especialmente as que nidificam em seus troncos, bem como discutir os fatores ecológicos que afetam estas relações.

Material e métodos

Sterculia apetala é uma árvore nativa encontrada nas florestas tropicais de terras baixas, florestas secas e em florestas ripárias sempre-verdes (Janzen 1972; Pott e Pott 1994; Dvorak *et al.* 1998; Lorenzi 2002; Valdés *et al.* 2002; Fernandez *et al.* 2007). Árvores adultas de *S. apetala*

são raras em qualquer ponto em sua área de ocorrência. Os valores de densidade estimados para populações de *S. apetala* em diferentes sítios na bacia do Alto Paraguai, da qual o Pantanal faz parte, são 0,67; 0,28; 0,65 indivíduos por hectare (Dubs 1992; Pinto e Hay 2005). Seus indivíduos maduros são árvores de grande porte (com mais de 100 cm de DAP) e de rápido crescimento, sendo membro do dossel ou do estrato emergente da floresta (Janzen 1972; Dvorak *et al.* 1998; Santos Jr *et al.* 2006, 2007).

A espécie *S. apetala* não está listada como ameaçada de extinção devido a sua ampla distribuição geográfica. Entretanto, pequenas populações em sua área de ocorrência têm sido substituídas por plantio de culturas comerciais ou pastagens (Janzen 1972; Dvorak *et al.* 1998). Enfocando especificamente a região do Pantanal, as manchas florestais representam aproximadamente 26% da cobertura do solo (Silva *et al.* 2000) e têm sido preferencialmente substituídas por pastagens de braquiária para pecuária bovina (Johnson *et al.* 1997).

Um dos nomes populares dados a *S. apetala* no Pantanal é Manduvi. Aqui são apresentadas informações sobre as espécies de aves que utilizam recursos disponibilizados por *S. apetala* no Pantanal. Estão embasadas em observações eventuais em campo, nos anos de 2004-2009, bem como em relatos feitos pelos seguintes autores: Burger e Gochfeld (2005), Campos e Coutinho (2004), Carrara *et al.* (2007), Donatti *et al.* (2005), Guedes (1993, 1999, 2001, 2002, 2004), Guedes *et al.* (2000), Pinho e Nogueira (2003), Pizo *et al.* (2008), Santos Jr (2006ab), Silva *et al.* (2005).

Resultados

Foram listadas 29 espécies de aves utilizando recursos disponibilizados por árvores de *S. apetala* no Pantanal (**Tabela 11**). Nunes *et al.* (2006) apontam a ocorrência de 135 espécies de aves não-passeriformes no Pantanal. Uma em cada cinco espécies de aves não-passeriformes (20%, N=28) listadas para o Pantanal foi registrada fazendo uso de algum recurso disponibilizado por *S. apetala*. Segundo Nunes *et al.* (2006) os representantes das famílias Psittacidae e Falconidae (com oito e cinco espécies, respectivamente) estão inseridos no grupo das aves mais predispostas às ameaças de extinção, considerando exclusivamente a região do Pantanal. As principais ameaças ao grupo são o desflorestamento do habitat e o comércio ilegal de animais silvestres (Seixas e Mourão 2002; Pinho e Nogueira 2003; Nunes *et al.* 2006).

Tratando somente das aves listadas na **Tabela 11**, foi observado que cerca de 68% das espécies (N=19) se reproduzem nas cavidades encontradas nos troncos de *S. apetala*, por exemplo, *Micrastur semitorquatus* (Falcão-relógio) e *Anodorhynchus hyacinthinus* (Arara-azul) (Pinho e Nogueira 2003; Carrara *et al.* 2007). Outro grupo importante foi composto por 25% das espécies (n=7), as quais encontram um local seguro para construir seus ninhos do tipo plataforma nos galhos da copa de *S. apetala*, por exemplo, *Jabiru mycteria* (Tuiuiú) e *Myiopsitta monachus* (Caturrita) (Campos e Coutinho 2004; Burger e Gochfeld 2005). *Ara ararauna* (Arara-canindé) e *Brotogeris chiriri* (Periquito-de-encontro-amarelo) foram registrados exclusivamente como predadores de sementes de *S. apetala* no Pantanal (Santos Jr 2006). Por fim, *Tityra cayana* (Anambé-branco-de-rabo-preto) foi a única espécie de Passeriforme registrada utilizando recursos disponibilizados por *S. apetala* no Pantanal. Segundo Sick (1997) é comum este passeriforme acomodar seus ninhos em cavidades em árvores.

Discussão

Aspectos da colonização de cavidades em árvores como habitat reprodutivo por aves

Cavidades em troncos de árvores de *S. apetala* não surgem grandes, pelo contrário, devem ser escavadas. Assim, provavelmente existe uma sucessão de aves que utilizam as cavidades nos troncos de *S. apetala*. Esta afirmação é embasada na observação de existirem aves capazes de escavarem as próprias cavidades, como *Dryocopus lineatus* (Pica-pau-de-banda-branca); e outras que ocupam secundariamente cavidades já escavadas (*Secondary cavity-nesting birds*), isto é, são espécies de aves que nidificam em cavidades que não foram escavadas por elas próprias (Waters *et al.* 1990; Pogue e Schnell 1994), por exemplo, *Falco rufigularis* (Cauré) e o *Tityra cayana* (Anambé-branco-de-rabo-preto).

Neste sentido, supõe-se que as cavidades inicialmente são ocupadas por aves pequenas e com a capacidade necessária para escavar o tronco da árvore. Essa capacidade refere-se ao comportamento de escavação, um bico resistente e força muscular suficiente para remover lascas da madeira macia de árvores como *S. apetala* (densidade média da madeira estimada em 0,4 g/cm³, conforme Dvorak *et al.* 1998).

Estas aves podem ser consideradas pioneiras e são representadas principalmente pelos pica-paus, os quais podem ser considerados facilitadores da colonização do sítio reprodutivo para as espécies de aves que nidificam secundariamente em cavidades. Por sua vez, as demais aves com porte grande para ocuparem cavidades recém escavadas (isto é, imediatamente maiores que as aves escavadoras), bem como aquelas espécies incapazes de escavar a própria cavidade, podem ser consideradas espécies secundárias na colonização do habitat.

O grupo de aves que ocupa secundariamente cavidades é morfológica e taxonomicamente diverso. Abriga espécies como *Ara chloroptera* (Arara-vermelha) que possui a habilidade de ampliar o tamanho de uma cavidade já escavada até um tamanho em que caiba uma fêmea com a prole durante a reprodução, empregando seu forte bico para lascar a madeira. Contudo, abriga também *Cairina moschata* (Pato-do-mato), uma espécie de grande porte e incapaz de ampliar as cavidades existentes, dependendo de outras espécies de grande porte e com capacidade de aumentar as cavidades até um tamanho que caiba uma fêmea e a sua prole.

O mecanismo acima descrito pode ser entendido como um processo de sucessão ecológica, durante o qual há uma substituição de populações num dado habitat (Ricklefs 2003). Neste caso, o habitat reprodutivo representado pelas cavidades existentes nos troncos de *S. apetala* abriga uma sequência repetida de estágios aqui entendidos como grupos de espécies organizados em função da capacidade de escavação e do porte.

Como todo processo de sucessão ecológica, este processo de substituição de espécies na colonização de cavidades em troncos de árvores de *S. apetala* é influenciado por diferentes fatores ecológicos como:

Tabela 11. Espécies de aves registradas utilizando recursos disponibilizados por árvores de *Sterculia apetala* no Pantanal. (Fonte: Burger e Gochfeld 2005^A; Campos e Coutinho 2004^B; Carrara *et al.* 2007^C; Donatti *et al.* 2005^D; Guedes 1993^F; 1999^G; 2001^I; 2002^J; 2004^K; Guedes *et al.* 2000^H; Pinho e Nogueira 2003^L; Pizo *et al.* 2008^M; Santos Jr. 2006^N; Santos Jr 2006^O; Silva *et al.* 2005^P).

Ordem/Família/Espécie	Modo de uso do recurso	Fonte
ANSERIFORMES		
Anatidae		
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	P
<i>Cairina moschata</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	H; J; K; P
CICONIIFORMES		
Threskiornithidae		
<i>Theristicus caerulescens</i>	Reprodução em ninho plataforma na copa	Este estudo
<i>Theristicus caudatus</i>	Reprodução em ninho plataforma na copa	Este estudo
Ciconiidae		
<i>Jabiru mycteria</i>	Reprodução em ninho plataforma na copa	A; B
CATHARTIFORMES		
Cathartidae		
<i>Coragyps atratus</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	H; K; P
FALCONIFORMES		
Accipitridae		
<i>Heterospizias meridionalis</i>	Reprodução em ninho plataforma na copa	L
Falconidae		
<i>Caracara plancus</i>	Reprodução em ninho plataforma na copa	Este estudo
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	K; P
<i>Micrastur semitorquatus</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	C; H; K; P
<i>Falco sparverius</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	K; P
<i>Falco ruficularis</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	J; K; L; P
PSITTACIFORMES		
Psittacidae		
<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo e morto	C; F; H; J; K; L; P
<i>Ara ararauna</i>	Predação de sementes verde e maduras	H; J; O
<i>Ara chloroptera</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	C; F; H; K; P
<i>Primoilius auricolis</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	H; K
<i>Aratinga nenday</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo e morto	P
<i>Myiopsitta monachus</i>	Reprodução em ninho colonial na copa	A
<i>Brotogeris chiriri</i>	Predação de sementes maduras	O
<i>Amazona aestiva</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	H; J; K
STRIGIFORMES		
Tytonidae		
<i>Tyto alba</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	J; K; P
Strigidae		
<i>Megascops choliba</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	P
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	G; I
<i>Bubo virginianus</i>	Reprodução em ninho plataforma na copa	Este estudo
PICIFORMES		
Ramphastidae		
<i>Ramphastos toco</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo, dispersão de sementes	D; H; J; K; L; N; P
<i>Pteroglossus castanotis</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	D; M
Picidae		
<i>Colaptes campestris</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	K
<i>Dryocopus lineatus</i>	Reprodução em cavidade em tronco vivo	H; L
PASSERIFORMES		
Tityridae		
<i>Tityra cayana</i>	Reprodução em cavidade em tronco morto	Este estudo

1. *Disponibilidade de troncos para escavação*: a distribuição de diâmetro de troncos disponíveis para escavação de cavidades deve obedecer à distribuição de diâmetros de troncos esperada para uma floresta. A distribuição de diâmetros de troncos para uma floresta segue uma função exponencial negativa, na qual há uma quantidade maior de troncos de pequenos diâmetros em relação aos troncos com grandes diâmetros (Sano 1997). Troncos de diâmetro menor devem ser mais suscetíveis à quebra por ação de vento por terem um menor teor de células vegetais com parede secundária. Há um limiar no tamanho do tronco a partir do qual uma espécie que se reproduz em cavidade pode ocupar (Santos Jr *et al.* 2007). Portanto, as espécies escavadoras devem considerar um balanço entre a distribuição de tamanho de troncos disponíveis para escavação com a probabilidade de quebra do tronco. Assim, a distribuição de troncos escavados provavelmente é desviada da distribuição de tamanhos de troncos disponibilizados por uma floresta (**Figura 18**).

2. *Capacidade de escavar uma cavidade*: nem todas as aves estão equipadas com as “ferramentas” necessárias para escavar ou iniciar a escavação das cavidades que serão utilizadas como ninho. Assim, as aves que ocupam secundariamente cavidades estão limitadas pela própria incapacidade de escavar cavidades, bem como pela seleção de troncos de grande diâmetro pelas outras espécies que possuem a habilidade de escavar cavidades.

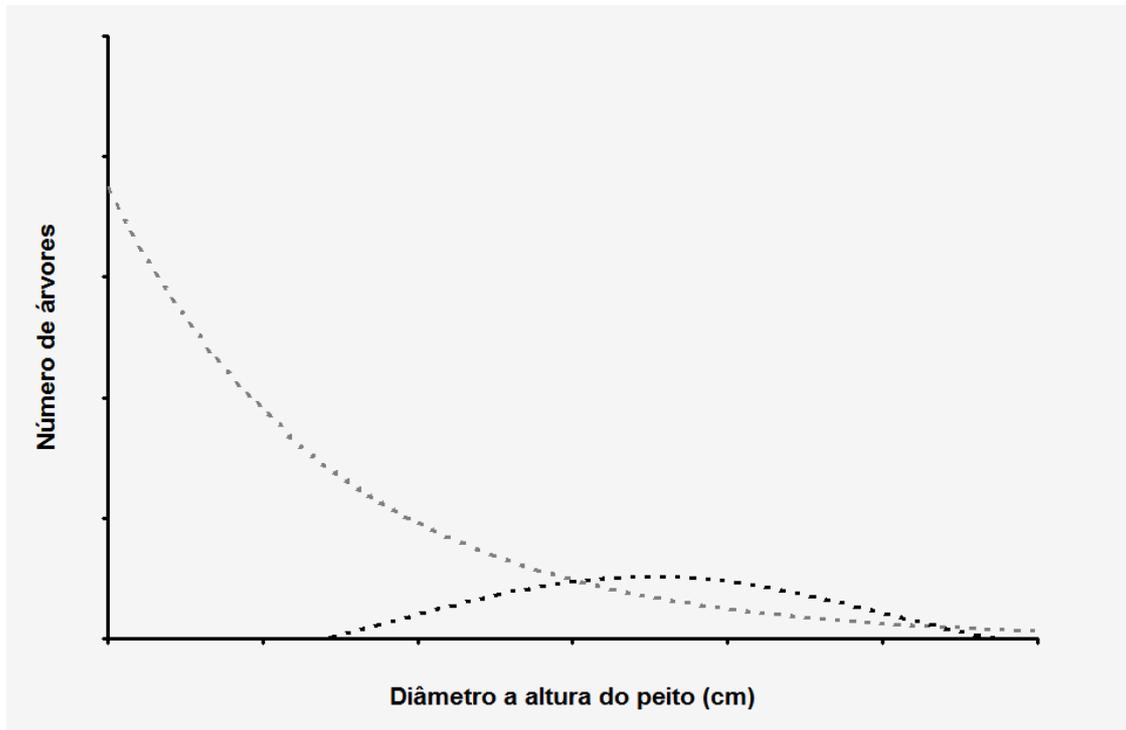


Figura 18. Distribuição hipotética de troncos em função do diâmetro a altura do peito em uma floresta tropical (**cinza**) e Distribuição hipotética de troncos que abrigam cavidades-ninho de aves em função do diâmetro a altura do peito em uma floresta tropical (**preto**).

3. *Porte do adulto reprodutivo da espécie:* é comum a literatura ecológica argumentar que as aves que se reproduzem em cavidades de troncos de árvores têm o crescimento populacional limitado pela disponibilidade deste recurso tido como crítico, especialmente, para as aves que ocupam secundariamente as cavidades (Seixas e Mourão 2002; Pinho e Nogueira 2003; Brightsmith 2006; Williams *et al.* 2006). No entanto, acredito que esta relação deve ser reavaliada antes de ser considerada uma verdade. Alguns estudos realizados durante a década de 1990 apontam o fato de que para as aves de pequeno e médio porte este argumento pode estar equivocado. Isto é, a densidade populacional das aves de pequeno e médio porte é significativamente inferior à disponibilidade de habitat reprodutivo (cavidades ninho) (Waters *et al.* 1990; Welsh e Capen 1992; Johnson e Kermott 1994). Recentemente, Brightsmith (2005a) obteve resultados que indicam que as espécies de pequeno porte (psitacídeos de até 200 g) que nidificam

secundariamente em cavidade, não ocupam todas as cavidades disponíveis na floresta, ou seja, não há escassez de cavidades para aves com as características acima descritas. Além disso, a predação dos ninhos é apontada como o fator ecológico predominante na seleção das características da história de vida das aves que nidificam em cavidades (Brightsmith 2005b). Estas circunstâncias mudam nos casos em que há alterações antrópicas sobre o ambiente florestal, como manejo para produção de madeira. Algumas espécies de médio porte podem ter a manutenção de suas populações afetadas devido à remoção das árvores que abrigam, ou com capacidade de abrigar futuramente, as cavidades-ninho. Um exemplo emblemático deste caso é *Strix occidentalis caurina* (Coruja-pintada, com 43cm de comprimento) nas florestas temperadas dos EUA (Yaffee 1994). Por fim, há as aves de grande porte que nidificam secundariamente em cavidades, as quais, muito provavelmente, sempre têm a persistência de suas populações limitadas pela reduzida disponibilidade de sítios reprodutivos (Brightsmith 2005a). Arbitrariamente, aves de grande porte são aquelas que atingem mais de 100cm de comprimento, da ponta do bico à ponta da cauda, por exemplo: *Aegypius monachus* (Abutre-preto, com 110cm de comprimento) e *A. hyacinthinus* (Arara-azul, com 105cm de comprimento) (Guedes 1993; Poirazidis *et al.* 2004). As árvores cujos troncos atingem o tamanho limiar (DAP) para abrigar ninhos de aves de grande porte devem apresentar uma baixa densidade, como esperado para árvores de grande porte (Laurance *et al.* 2004). Além disso, há o efeito do tempo (anos, talvez décadas) para que a escavação da cavidade no tronco de uma árvore atinja o tamanho que caiba uma fêmea com sua prole. Neste sentido, a remoção de qualquer árvore de grande porte com cavidade ou não, pode afetar a oferta futura de habitat reprodutivo (cavidade) para as aves de grande porte, reduzindo a probabilidade de persistência populacional destas espécies.

Conclusão

Sterculia apetala é uma espécie ecologicamente importante por abrigar sítios reprodutivos para, no mínimo, 27 espécies de aves no Pantanal. Há um processo de sucessão ecológica de espécies de aves que ocupam as cavidades nos troncos de *S. apetala* como habitat reprodutivo. As espécies de aves com habilidade para escavar cavidades são as pioneiras, por abrirem inicialmente as cavidades e facilitarem a ocupação futura por outras espécies. As aves que nidificam secundariamente em cavidades formam um grupo morfológicamente e taxonomicamente diverso. Este grupo é composto por aves imediatamente maiores que as pioneiras e que podem ou não possuir a capacidade de escavar cavidades. Neste contexto, a remoção de árvores de *S. apetala* com porte para abrigar cavidade-ninho afeta às taxas de fecundidade de mais de uma dezena de espécies de aves no Pantanal. As populações de algumas destas espécies deverão ser pouco influenciadas pela remoção das árvores, especialmente as aves de pequeno e médio porte. Contudo, as populações de espécies de grande porte (p.ex.: *A. hyacinthinus*) podem ter suas taxas de fecundidade reduzidas. O primeiro fator responsável por este efeito é a remoção de algumas das árvores de grande porte, as quais já são raras. Além disso, o sucesso reprodutivo de aves de grande porte depende, em parte, que outras aves participem do processo de escavação dos ninhos, pois esta espécie se posiciona no fim do processo de sucessão ecológica de aves que utilizam as cavidades ninho. Caso estas premissas sejam alteradas, espera-se que um número menor de fêmeas de *A. hyacinthinus* encontre um sítio seguro para a postura de seus ovos, reduzindo a taxa de fecundidade da população. Este processo, repetido ao longo de anos, poderá ameaçar a viabilidade populacional desta espécie no Pantanal.

Considerações finais

O primeiro obstáculo a ser superado durante a execução deste estudo relacionou-se à raridade estatística da espécie devido à sua baixa densidade populacional e distribuição agrupada (Thompson 2004). Caso se optasse em amostrar a população com parcelas seria necessário um gasto de tempo e dinheiro desproporcional ao disponível para a execução de uma tese de doutorado. Assim, a saída encontrada foi uma amostragem semelhante a uma busca ativa (Clark e Clark 1996; Ubialli *et al.* 2009). Esta abordagem pouco convencional para plantas já foi empregada em outros estudos e não apresentou grandes problemas para a obtenção de dados de dinâmica populacional (Menges 1990; Pfab e Witkowski 2000). Na verdade, é até interessante devido à obtenção de amostras em variadas situações ambientais, tais como indivíduos na borda ou interior de floresta, sobre diferentes tipos de solo e em diferentes riscos de inundação. A amostragem de indivíduos da espécie em diferentes situações ambientais permite uma medida mais acurada das taxas vitais (sobrevivência, mortalidade e crescimento) na impossibilidade de executar um estudo em longo prazo. O grande viés desta abordagem é a impossibilidade de conhecer a densidade real das populações estudadas, contudo, um estudo endereçado a esta questão pode ser feito posteriormente e a um custo menor.

Outro obstáculo superado foi o modelo de abordagem do estudo. Estudos ecológicos primam pela descrição de padrões e processos ecológicos empregando réplicas (Hurlbert 1984; Magnusson e Mourão 2003), contudo, nem sempre é possível o uso de réplicas. O delineamento deste estudo obedeceu ao padrão de um estudo de ecologia de paisagem (Metzger 2004). Não há porções do ecossistema pantaneiro protegidos a mais de 20 anos contra o gado bovino e com vegetação, solo e risco de inundação semelhante ao encontrado para o cenário Reserva deste estudo. A ausência de populações de *S. apetala* em condições similares impossibilita o uso de réplicas verdadeiras. Assim, optou-se por amostrar repetidamente (anualmente) populações em diferentes posições de um gradiente de conservação do ecossistema pantaneiro, representadas pelos cenários de manejo da paisagem.

O capítulo I desta tese demonstra como a probabilidade de reprodução de árvores de *S. apetala* no Pantanal é significativamente influenciada pelo DAP. Esta informação é

importante para estudos de dinâmica populacional, pois, com ela é possível separar os indivíduos reprodutivos dos imaturos. A estimativa de produção de sementes viáveis *per capita* para os indivíduos de cada estágio ontogenético é também necessária para alimentar os modelos de projeção populacional, com os quais será possível avaliar a viabilidade das populações em cada cenário de manejo da paisagem (Akçakaya *et al.* 1999).

Neste mesmo contexto, O capítulo I sugere de maneira simples que a população de *S. apetala* no cenário Braquiária, provavelmente, terá uma viabilidade inferior à observada para os demais cenários de manejo da Paisagem. O vigor da germinação das sementes e das plântulas produzidas por árvores de *S. apetala*, isoladas na matriz de pastagem, foram significativamente inferior ao observado para as sementes e plântulas de árvores de *S. apetala* inseridas no ambiente florestal. Estas duas observações são consideradas evidências de depressão endogâmica. Ou seja, no cenário Braquiária a população de *S. apetala* sofre os efeitos significantes do desflorestamento sobre a reprodução, manifestado nos primeiros estágios da história de vida.

O capítulo II apresenta de modo mais contundente que o desflorestamento e não o gado bovino altera as taxas populacionais de *S. apetala* no Pantanal. As populações de *S. apetala* nos cenários Reserva e Tradicional apresentam diferentes estruturas populacionais, no entanto, o padrão de dinâmica populacional é similar. A população de *S. apetala* no cenário Braquiária, em contrapartida, apresenta grandes diferenças na estrutura e dinâmica populacional em relação aos demais cenários. Os modelos de sobrevivência e mortalidade de indivíduos de *S. apetala* para os três cenários de manejo da paisagem, quando contrastados, evidenciam que o desflorestamento somado à presença do gado altera significativamente a dinâmica populacional de *S. apetala* e, provavelmente, a viabilidade populacional reduzida. Isto ocorre devido à remoção da floresta, a presença do gado bovino e a maior exposição das árvores adultas às ventanias no cenário Braquiária aumentar muito a mortalidade dos indivíduos desta população. Os modelos de curvas de mortalidade para os três cenários de manejo da paisagem sugerem uma grande diferença na demografia das populações de *S. apetala* avaliadas.

O Capítulo III lista que as árvores de *S. apetala* abrigam sítios reprodutivos de 27 espécies de aves no Pantanal, as quais se seguem em um processo de sucessão ecológica

na ocupação do habitat reprodutivo representado pelas cavidades nos troncos desta árvore. As espécies de aves com habilidade para escavar cavidades são as pioneiras, por abrirem inicialmente as cavidades e facilitarem a ocupação futura por outras espécies. As aves que nidificam secundariamente em cavidades formam um grupo morfológicamente e taxonomicamente diverso. Este grupo é composto por aves imediatamente maiores que as pioneiras e que podem ou não possuir a capacidade de escavar cavidades.

Neste contexto, o desflorestamento afetará as taxas de fecundidade de mais de uma dezena de espécies de aves no Pantanal. As populações de algumas destas espécies deverão ser pouco influenciadas pela remoção das árvores, especialmente as aves de pequeno e médio porte. Contudo, as populações de espécies de aves de grande porte (p.ex.: *A. hyacinthinus*) podem ter suas taxas de fecundidade reduzidas. O primeiro fator responsável por este efeito é a redução da densidade populacional de *S. apetala* pela remoção de algumas das árvores adultas, as quais já são raras. Além disso, o sucesso reprodutivo de aves de grande porte depende, em parte, que outras aves participem do processo de escavação dos ninhos, pois esta espécie se posiciona no fim do processo de sucessão ecológica de aves que utilizam as cavidades ninho. Caso estas condições sejam alteradas, espera-se que um número menor de fêmeas de *A. hyacinthinus* encontre um sítio seguro para a postura de seus ovos, reduzindo a taxa de fecundidade da população. Este processo, repetido ao longo de anos, poderá ameaçar a viabilidade populacional desta espécie no Pantanal.

Portanto, defendo que o novo modelo de produção pecuária, com a substituição de florestas por plantio de pastagens, altera a dinâmica populacional de *S. apetala*, aumentando significativamente os valores das taxas de mortalidade para os indivíduos desta espécie. Além disso, as alterações de estrutura e dinâmica populacional de *S. apetala* resultarão em uma redução na oferta de habitat reprodutivo para *A. hyacinthinus* no futuro.

Há a possibilidade de aplicar a relação entre estas espécies como indicador ecológico de qualidade ambiental em propriedades de pecuária no Pantanal (Niemi e McDonald 2004). Tal aplicação, hoje, depende do monitoramento de parâmetros populacionais das duas espécies. Por exemplo, para *A. hyacinthinus* deve-se monitorar a fecundidade média populacional, a qual apresenta valores bem estabelecidos por um

estudo de longo prazo executado por Guedes (2009). Para *S. apetala* deve-se monitorar os valores de sobrevivência dos estágios ontogenéticos, de maneira similar à apresentada aqui nesta tese. Tais valores ainda não estão bem estabelecidos, assim, os estudos devem continuar com este objetivo. Sugere-se a execução de estudo que investiguem espacialmente a dinâmica populacional desta árvore, empregando várias fazendas com o cenário Tradicional e Braquiária (réplicas verdadeiras), de forma a validar os resultados relatados aqui, tornando-os aptos ao uso como indicador ecológico.

A indicação de qualidade ecológica com o uso de espécies de aves que nidificam nas cavidades nos troncos de árvores não é recente. Nem mesmo o confronto entre atividades econômicas e a conservação destas espécies (Yaffe 1994; Jackson 1994). As atividades econômicas afetam indiretamente as espécies que nidificam secundariamente em cavidade pela adoção de práticas de manejo da paisagem que reduzem a densidade das árvores com potencial para abrigarem cavidades-ninho (Virkkala *et al.* 1993; Smith 1997). Deste modo, as atividades econômicas limitam a dinâmica populacional destas aves, comprometendo a persistência de suas populações.

Os programas de conservação desenvolvidos para estas espécies de aves adotam como medida padrão a construção e instalação de ninhos artificiais. Esta solução tem obtido sucesso na expansão populacional em curto prazo, mas este não deve em hipótese alguma substituir os esforços para restaurar e conservar as populações de árvores que abrigam as cavidades-ninho (Guedes 2002, 2004; Williams *et al.* 2006). Ser uma espécie que se reproduz secundariamente em cavidades em troncos de árvores é uma característica ancestral na linhagem evolutiva dos Psitacídeos. Além disso, há evidências de que o risco de predação foi o fator ecológico preponderante na evolução desta característica tão marcante na história de vida dos Psittaciformes (Brightsmith 2005a, b). Talvez, por essa razão, os Psitacídeos evitem a agregação de ninhos ativos, pois assim reduzem a atração do predador, conseqüentemente a probabilidade de predação. Neste sentido, uma área florestal deve suportar uma dada densidade de ninhos ativos de Psitacídeos. Caso exista uma força que leve a um aumento da densidade de casais reprodutivos, as interações antagonísticas entre indivíduos da mesma espécie impedirão que a densidade de ninhos ativos aumente (Salinas-Melgoza *et al.* 2009). Neste caso, provavelmente, nem mesmo a instalação de ninhos artificiais surtirá o efeito esperado.

Este padrão aparentemente é obedecido por *A. hyacinthinus* na região do Pantanal. Existem áreas florestais com potencial para ocupação pela espécie, nas quais ocorrem as espécies vegetais que abrigam as cavidades-ninho e fornecem o alimento, contudo não são utilizadas (Pinho e Nogueira 2003). Além disso, em áreas recém desflorestadas pode-se observar sem muita dificuldade a ocorrência de interações antagonísticas entre casais reprodutivos *A. hyacinthinus*, em disputa pelo sítio reprodutivo remanescente. Assim, somente com o manejo populacional das árvores que abrigam as cavidades-ninho é possível conservar populações de psitacídeos *in situ* (Brightsmith e Bravo 2006).

Tratando especificamente de *A. hyacinthinus* deve-se promover o manejo da paisagem no Pantanal de modo que as populações de *S. apetala* não tenham a sua estrutura e dinâmica populacional comprometida pelas práticas adotadas pela atividade econômica, neste caso a atividade pecuária. Neste sentido, a produção de gado bovino segundo o modelo tradicional destaca-se por ser uma atividade econômica com potencial de gerar riquezas para o proprietário rural, além de manter a estrutura e dinâmica populacional de *S. apetala* em condições de oferecer cavidades-ninho para *A. hyacinthinus* em longo prazo no Pantanal.

Portanto, recomenda-se que seja executado um programa de incentivo à produção de gado bovino segundo o modelo tradicional de produção, pois neste cenário é possível a produção de gado bovino sem existir a necessidade de desenvolvimento de programas de manejo para a manutenção de populações de *S. apetala* para garantir o oferecimento futuro de habitat reprodutivo para a *A. hyacinthinus*. Por ser uma atividade econômica que gera riquezas sem comprometer a dinâmica populacional das espécies consideradas, recomenda-se que o gado bovino produzido sob estas condições receba um melhor preço de mercado, pois, é ecologicamente correto, quando comparado ao gado bovino produzido no Pantanal em pastagem artificial plantada, em substituição ao ambiente florestal nativo. Recomenda-se também que o desmatamento para plantio de pastagens seja normatizado, pois não há recomendações legais que orientem a sua implantação. A legislação que por ventura seja criada, com base nos resultados aqui relatados, deve cuidar para captar toda a complexidade envolvida na interação entre as espécies e seu ecossistema (Santos Jr, 2009).

Referências Bibliográficas

- Abdon, M.M.; Silva, J.S.V.; Pott, V.J.; Pott, A.; Silva, M.P. 1998. Utilização de dados analógicos do LANDSAT-TM na discriminação da vegetação de parte da sub-região da Nhecolândia no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33:1799-1813.
- Akçakaya, H.R.; Burgman, M.A.; Ginzburg, L.R. 1999. *Applied population ecology: principles and computer exercises using RAMAS Ecolab*. 2ª ed. Sunderland: Sinauer Associates. 286pgs.
- Andrade, B.S.; Hay, J.D. 2007. Estimation of aerial biomass of Lychnophora ericoides (Mart.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(4): 687-694.
- Andrade, A.C.S.; Pereira, T.S.; Fernandes, M.J.; Cruz, A.P.M.; Carvalho, A.S.R. 2006. Substrato, temperatura de germinação e desenvolvimento pós-seminal de sementes de Dalbergia nigra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(3):517-523.
- Barroso, G.M.; Morim, M.P.; Peixoto, A.L.; Ichaso, C.L.F. 1999. *Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. Viçosa: Editora da UFV. 443 pgs.
- Begon, M.; Townsend, C.R.; Harper, J.L. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4ª ed. Oxford: Blackwell Publishing. 758pgs.
- Borges, E.E.L.; Castro, J.L.D.; Borges, R.C.G. 1992. Alterações fisiológicas em sementes de jacaré (Piptadenia communis) submetidas ao envelhecimento precoce. *Revista Brasileira de Sementes*, 14(1):9-12
- Brightsmith, D.J. 2005a. Competition, predation and nest niche shifts among tropical cavity nesters: ecological evidence. *Journal of avian biology*, 36:74-83
- Brightsmith, D.J. 2005b. Competition, predation and nest niche shifts among tropical cavity nesters: phylogeny and natural history evolution of parrots (Psittaciformes) and trogons (Trogoniformes). *Journal of avian biology*, 36:64-73.
- Brightsmith, D.; Bravo, A. 2006. Ecology and management of nesting blue-and-yellow macaws (Ara ararauna) in Mauritia palm swamps. *Biodiversity and Conservation*, 15: 4271-4287.

- Brower, J.E.; Zar, J.H.; von Ende, C.N. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology. 4^a ed. Boston:WCB/McGraw-Hill. 245pgs.
- Bruna, E.M.; Oli, M.K. 2005. Demographic effects of habitats fragmentation on a tropical herb: life-table response experiments. *Ecology*, 86(7): 1816-1824.
- Burger, J.; Gochfeld, M. 2005. Nesting behavior and nest site selection in monk parakeets (Myiopsitta monachus) in the Pantanal of Brazil. *Acta Ethologica*, 8: 23-34.
- Cadavid García, E.A. 1984. O clima no Pantanal Mato-Grossense. *Circular Técnica 14*. Corumbá: Embrapa-CPAP.25 pgs.
- Caldato, S.L.; Floss, P.A.; Da Croce, D.M.; Longhi, S.J. 1996. Estudo da regeneração natural banco de sementes e chuva de sementes na reserva genética florestal de Caçador, Santa Catarina. *Ciência Florestal*, 6(1): 27-38.
- Caldato, S.L.; Longhi, S.J.; Floss, P.A. 1999. Estrutura populacional de Ocotea porosa (Lauraceae) em uma floresta ombrofila mista, em Caçador (SC). *Ciência Florestal*, 9(1): 89-101.
- Caldato, S.L.; Vera, N.; MacDonagh, P. 2003. Estructura poblacional de Ocotea puberula em um bosque secundario y primario de La Selva mixta misionera. *Ciência Florestal*, 13(1): 25-32.
- Campos, Z; Coutinho, M. 2004. *Levantamento Aéreo de Ninhos de Tuiuiu, Jabiru mycteria, no Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. n° 56*. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 14pgs.
- Carrara, L.A.; Antas, P.T.Z.; Yabe, R.S. 2007. Nidificação do gavião-relógio Micrastur semitorquatus (Aves: Falconidae) no Pantanal Mato-grossense: dados biométricos, dieta dos ninhegos e disputa com araras. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15: 85-93.
- Caughley, G. 1977. *Analysis of vertebrate populations*. New Delhi: John Wiley and Sons. 234pgs.
- Clark, D.B.; Clark, D.A. 1987. Population ecology and microhabitat distribution of Dipterix panamensis, a Neotropical rain forest emergent tree. *Biotropica*, 19(3): 236-244.
- Clark, D.B.; Clark, D.A. 1996. Abundance, growth and mortality of very large tree in Neotropical lowland rain forest. *Forest Ecology and Management*, 80: 235-244.

- Comastri-Filho, J.A.; Pott, A. 1995. Introdução e avaliação de forragens em “cordilheiras” e “campo-cerrado” na parte leste da sub-região dos Paiaguás, Pantanal Mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(8):1117-1127.
- Condit, R.; Sukumar, R.; Hubbell, S.P.; Foster, R.B. 1998. Predicting population trends from size distributions: a direct test in a tropical tree community. *The American Naturalist*, 152(4):495-509.
- Correa, B.S.; Van der Berg, E. 2002. Estudo da dinâmica da população de Xylopia brasiliense Sprengel em relação a parâmetros populacionais e da comunidade em uma floresta de galeria em Itutinga, Minas Gerais, Brasil. *Cerne*, 8(1): 1-12.
- Cottrell, T.R. 2004. Seed rain traps for Forest lands: considerations for trap construction and study desing. *Journal of Ecosystems and Management*, 5(1): 1-6.
- Cox, G.W. 1996. *Laboratory Manual of general ecology*. 7^a ed. Dubuque: San Diego State University. 278pgs.
- Crispim, S.M.A.; Soriano, B.M.A. 2003. Regeneração de Espécies Herbáceas Nativas Pós-queima em Área de Reserva, Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS. *Circular Técnica 42*. Corumbá: EMBRAPA Pantanal. 4pgs.
- Cunha, N.G. 1981. Classificação e fertilidade de solos da planície sedimentar do Rio Taquari, Pantanal Matogrossense. *Circular Técnica 4*, Corumbá: Embrapa-UEPAE. 35pgs.
- Cunha, N.G. 1985. Solos calcimórficos de Corumbá. *Circular Técnica 18*, Corumbá: Embrapa-CPAP. 15pgs.
- D’Angelo, S.A.; Andrade, A.C.S.; Laurace, S.G.; Laurance, W.F.; Mesquita, R.C.G. 2004. Inferred causes of tree mortality in rfragmented and intact Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 20:243-246.
- Díaz, S.; Mercado, C. e Alvarez-Cardenas, S. 2000. Structure and population dynamics of Pinus lagunae M.-F. Passini. *Forest Ecology and Management*, 134: 249-256.
- Drechsler, M. 2004. Banksia goodii in Western Australia: interacting effects of fire, reproduction, and plant growth on viability. *In*: Akçakaya, H.R.; Burgman, M.A.; Kindvall, O.; Wood, C.C.; Sjögren-Gulve, P.; Halfield, J.S. e McCarthy, M.A. 2004 (eds.). *Species Conservation and Management: Case Studies*. Oxford: Oxford University Press. 534pgs.

- Donatti, C.I.; Galetti, M. e Pizo, M.A. 2005. The Manduvi, Toco Toucan and the Hyacinth Macaw: a fragile connection in Pantanal, Brazil. *Fourth International Symposium/Workshop on Frugivores and Seed Dispersal: Theory and its application in a changing world*. 9 – 16 July 2005 Griffith University Brisbane, Australia.
- Dubs, B. 1992. Observation on the differentiation of woodland and wet savanna habitats in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *In: Furley, P.A.; Proctor, J. e Ratter, J.A. (Orgs).* 1992. *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. London: Chapman & Hall. 616 pgs.
- Durigan, G. 2004. Métodos para análise de vegetação arbórea. Pp. 455-480. *In: Cullen-Jr, L., Rudran, R., Valladares-Padua, C. (org.).* 2004. *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. UFPR: Curitiba.
- Dvorak, W.S.; Ureña, H.; Moreno, L.A. e Gofort, J. 1998. Provenance and family variation in *Sterculia apetala* in Colombia. *Forest Ecology and Management*, 111: 127-135.
- EMBRAPA. 1999. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos, Rio de Janeiro & Embrapa Produção de Informação, Brasília.
- Fernández, A.; Colonnello, G.; Guzmán, A. 2007. Inventario de la diversidad florística de um sector Del curso médio Del rio Palmar. *Revista de La Facultad de Agronomia (LUZ)*, 24(supl 1): 415-421.
- Fiedler, N.C.; Azevedo, I.N.C.; Rezende, A.V.; Medeiros, M.B.; Venturoili, F. 2004. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. *Revista Árvore*, 28:129-138
- Figueira, J.E.C.; Cintra, R.; Viana, L.; Yamashita, C. 2006. Spatial and temporal patterns of bird species diversity in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil: implications for conservation. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2A): 393-404.
- Francis, J.K. 2000. Comparison of hurricane damage to several species of urban trees in San Juan, Puerto Rico. *Journal of Arboriculture*, 26(4): 189-197.
- Franco, M.; Silvertown, J. 2004. A Comparative Demography of Plants Based upon Elasticities of Vital Rates. *Ecology*, 85(2):531-538

- Garcia, A.; Vieira, R.D. 1994. Germinação, armazenamento e tratamento com fungicida de sementes de seringueira (Hevea brasiliensis Muell Arg.). *Revista Brasileira de Sementes*, 16(2):128-133.
- Garcia, D.Z.; Zamora, R.; Hódar, J.A.; Gomez, J.M. 1999. Age structure of Juniperus comunis L. in the Iberian Peninsula: conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. *Biological Conservation*, 87: 215-220.
- Gatsuk, L.E.; Smirnova, O.V.; Vorontzova, L.I.; Zangolnova, L.B.; Zhukova, L.A. 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. *The Journal of Ecology*, 68(2):675-696.
- Gilpin, M.E.; Soulé, M.E. 1986. Minimum viable populations: processes of species extinction. 19-34pgs. In: Soulé, M.E. (ed.). 1986. *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sunderland:Sinauer. 345pgs.
- Goméz, J.M.; Garcia, D.; Zamora, R. 2003. Impact of vertebrate acorn and seedling-predators on a mediterranean Quercus pyrenaica forest. *Forest Ecology and Management*, 180: 125-134.
- Guedes, N. M. R. 1993 *Biologia reprodutiva da arara-azul (Anodorhynchus hyacinthinus) no Pantanal – MS, Brasil*. 122f. Tese de Mestrado em Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- Guedes, N.M.R. 1999. *Projeto Arara Azul – Biologia, Manejo e Conservação. Relatório Técnico Anual (Não publicado)*. Comitê para a conservação da Arara-azul-grande. IBAMA. Campo Grande, MS. 187pp.
- Guedes, N. M. R. 2002. El proyecto del Guacamayo jacinto Anodorhynchus hyacinthinus en el Pantanal Sur, Brasil. In: *Congreso Mundial sobre Papagaios. Conservando Los Loros y Sus Habitats*, V, p.163-174, Ed. Loro Parque, Tenerife.
- Guedes, N.M.R. 2004. Araras azuis: 15 anos de estudos no Pantanal. *IV SimPan – Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal*. Corumbá, MS. 23-26 de Novembro de 2004.
- Guedes, N.M.R. 2009. *Sucesso reprodutivo, mortalidade e crescimento de filhotes de araras azuis Anodorhynchus hyacinthinus (Aves, Psittacidae) no Pantanal*,

- Brasil*. Tese de Doutorado. Botucatu (SP): Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. 135 pgs.
- Guedes, N.M.R.; Vargas, F.C.; Cardoso, M.R.F.; Paiva, L.A. 2000. Ocupação dos ninhos de arara-azul Anodorhynchus hyacinthinus em três sub-regiões do Pantanal MS. In: *ENCONTRO DE PESQUISA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIDERP, II, Anais*. Campo Grande-MS, 2000, p.132-134.
- Harcombe, P.A. 1987. Tree life tables: simple birth, growth, and death data encapsulate life histories and ecological roles. *Bioscience*, 37(8): 557-569.
- Harris, M.; Arcangelo, C.; Pinto, E.C.; Camargo, G.; Ramos-Neto, M.B.; Silva, S.M. 2006. Estimativa de perda de cobertura vegetal original na Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro: ameaças e perspectivas. *Natureza & Conservação*, 4(2): 50-66.
- Hurlbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54(2):187-211.
- Jackson, J.A. 1994. The red-cockaded woodpecker recovery program: Professional obstacle to cooperation. 157-181pgs. In: Clark, T.W.; Reading, R.P.; Clark, A.E. (Eds.). 1994. *Endangered Species Recovery: Finding the lessons, improving the process*. Washington: Island Press. 450pgs.
- Janzen, D. 1972. Escape in space by Sterculia apetala seeds from the bug Dysdercus fasciatus in a Costa Rican Deciduous Forest. *Ecology*, 53(2): 350-361.
- Johnson, M.A.; Tomas, W.M.; Guedes, N.M.R. 1997. On the hyacinth macaw's nesting tree: density of young manduvis around adult trees under three different management conditions in the Pantanal wetland, Brazil. *Ararajuba*, 5(2): 185-188.
- Johnson, L.S.; Kermott, L.H. 1994. Nesting success of cavity-nesting birds using natural tree cavities. *Journal of Field Ornithology*, 65: 36-51.
- Junk, J.W.; Nunes da Cunha, C.; Wantzen, K.M.; Petermann, P.; Strüßmann, C.; Marques, M.I.; Adis, J. 2006. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Science*, 68(1): 278-309.
- Larsen, E.J.; Ripple, W.J. 2003. Aspen age structure in the northern Yellowstone ecosystem: USA. *Forest Ecology and Management*, 179: 469-482.

- Lacerda, C.M.B.; Kageyama, P.Y. 2003. Estrutura genética espacial de duas populações naturais de Myracrodruon urundeuva M. Allemão na região semi-árida, Brasil. *Revista Árvore*, 27(2):145-150
- Laurance, W.F.; Nascimento, H.E.M.; Laurance, S.G.; Condit, R.; D'Angelo, S.; Andrade, A. 2004. Inferred longevity of Amazonian rainforest trees based on a long-term demographic study. *Forest Ecology and Management*, 190 (2-3):131-143.
- Lennartsson, T.; Oostermeijer, J.G.B. 2001. Demographic variation and population viability in Gentianella campestris: effects of grassland management and environmental stochasticity. *Journal of Ecology*, 89: 451-463.
- Lieberman, D.; Hartshorn, G.S.; Lieberman, M.; Peralta, R. 1990. Foresta dynamics at La Selva biological station, 1969-1985. 509-521pgs. In: Gentry, A.H. (ed.). 1990. *Four Neotropical Rainforest*. New Haven: Yale University. 627pgs.
- Lima, J.A.S.; Meneguelli, N.A.; Gazel-Filho, A.B.; Perez, D.V. 2003. Agrupamento de espécies arbóreas de uma floresta tropical por características de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(1): 109-116.
- Lima, R.A.F. 2005. Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais. *Revista Brasileira de Botânica*, 28(4): 651-670.
- Lombardi, J.A.; Morais, P.O. 2003. Levantamento florístico das plantas empregadas na arborização do campus da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. *Lundiana*, 4(2): 83-88.
- Lorenzi, H. 2002. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, volume 2. 2ª Ed.* Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Magnusson, W.E.; Mourão, G. 2003. *Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e a análise*. Londrina: Editora Planta. 126pp.
- Marques, M.C.M.; Joly, C.A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de Calophyllum brasiliense Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 23(1): 107-122.
- Maschinski, J.; Frye, R.; Rutman, S. 1997. Demography and population viability of an endangered plant species before and after protection from trampling. *Conservation Biology*, 11(4): 990-999.

- Maués, M.M.; Oliveira, P.E.A.M. 2010. Conseqüências da fragmentação do habitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais, com ênfase na Amazônia. *Oecologia Australis*, 14(1): 238-250.
- Mazza, M.C.M.; Mazza, C.A.S.; Sereno, J.R.B.; Santos, S.A.; Pellegrin, A.O. 1994. *Etnobiologia e conservação do bovino pantaneiro*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 61pgs.
- Medeiros, M.B. e Miranda, H.S. 2005. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetidos a três queimadas prescritas anuais. *Acta Botanica Brasilica*, 19(3):493-500.
- Mello, J.M.; Oliveira-Filho, A.T.; Scolforo, J.R. 1996. Comparação entre procedimentos de amostragem para avaliação estrutural de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual Montana. *Cerne*, 2(2):1-15.
- Menges, E.S. 1990. Population viability analysis for an endangered plant. *Conservation Biology*, 4(1): 52-62.
- Metzger, J.P. 2004. Delineamento de experimentos numa perspectiva de ecologia da paisagem. Pp. 539-553. *In*: Cullen-Jr, L., Rudran, R., Valladares-Padua, C. (org.) Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. UFPR: Curitiba.
- Moraes, P.L.R. e Paoli, A.A.S. 1999. Morfologia e estabelecimento de plântulas de Cryptocarya moschata Nees, Ocotea cattarinensis Mez e Endlicheria paniculata (Spreng) MacBrid – Lauraceae. *Revista Brasileira de Botânica*, 22(2): 287-295.
- Moraes, A.S. 2008. *Pecuária e conservação do Pantanal: análise econômica de alternativas sustentáveis – o dilema entre benefícios privados e sociais*. 266pgs. Tese de doutorado em economia. Programa de Pós-graduação em Economia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Nepstad, D.C.; Uhl, C.; Pereira, C.A.; Silva, J.M. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature Forest of eastern Amazonia. *Oikos*, 76: 25-39.
- Niemi, G.J.; McDonald, M.E. 2004. Application of ecological indicators. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics*, 35:89–111.

- Nunes da Cunha, C.; Junk, W.C. 2004. Year-to-year changes em water level drive the invasion of Vochysia divergens in Pantanal grassland. *Applied Vegetation Science*, 7: 103-110.
- Nunes, A.P.; Tizianel, F.A.T.; Tomas, W.M. 2006. *Aves ameaçadas ocorrentes no Pantanal. Série Documentos. n° 83*. Corumbá: EMBRAPA Pantanal. 47pp.
- Nunes, A.P.; Tomas, W.M.; Ragusa-Netto, J. 2009. Estrutura do sub-bosque em manchas florestais no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico,). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT74>. Acesso em: 30 mar. 2009
- Obiah, G.I.B.; Ahuama, G.U.; Isichei, A.O. 2007. A population viability analysis of serendipity berry (Dioscoriophyllum cumminsii) in a semi-deciduous forest in Nigeria. *Ecological Modelling*, 210: 558-562.
- Paula, A.; Silva, A.F.; Souza, A.L.; Santos, F.A.M. 2002. Alterações florísticas ocorridas num período de quatorze anos na vegetação arbórea de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 26(6): 743-749.
- Petit, R.J.; Hambe, A. 2006. Some Evolutionary Consequences of Being a Tree. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics*, 37:187-214
- Pfab, M.F.; Witkowski, E.T.F. 2000. A simple population viability analysis of the critically endangered Euphorbia clivicola R.A. Dyer under four management scenarios. *Biological Conservation*, 96: 263-270.
- Pinho, J.B.; Nogueira, F.M.B. 2003. Hyacinth macaw (Anodorhynchus hyacinthinus) reproduction in the Northern Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Ornitologia Neotropical*, 14(2): 29-38.
- Pinto, J.R.R.; Hay, J.D. 2005. Mudanças florísticas e estruturais na comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 28(3): 523-539.
- Piotto, D.; Vasquez, E.; Montagnini, F.; Kanninen, M, 2004. Pure and mixed Forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. *Forest Ecology and Management*, 190: 359-372.

- Pizo, M.A.; Donatti, C.; Guedes, N.M.R.; Galetti, M. 2008. Conservation puzzle: Endangered hyacinth macaw depends on its nest predator for reproduction. *Biological Conservation*, 141: 792-796.
- Pogue, D. W.; Schnell, G. D. 1994. Habitat characterization of secondary cavity-nesting birds in Oklahoma. *Wilson Bulletin*, 106: 203-226.
- Poirazidis, K.; Gounter, V.; Skartsi, T.; Stamou, G. 2004. Modelling nesting habitat as a conservation tool for the eurasian black vulture (*Aegypius monachus*) in Dadia Nature Reserve, northeastern Greece. *Biological Conservation*, 118: 235-248.
- Pott, A.; Pott, V.J. 1994. *Plantas do Pantanal*. Brasília: EMBRAPA. 267pgs.
- Puerta, R. 2002. Regeneração arbórea em pastagens abandonadas na região de Manaus em função da distância da floresta contínua. *Scientia Forestalis*, 62: 32-39.
- Puchalski, A.; Mantovani, M.; Reis, M.S. 2006. Variação em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kunze associada a condições edafo-climáticas. *Scientia Forestalis*, 70: 137-148.
- Rankin-de-Merona, J.M.; Ackerly, D.D. 1987. Estudos populacionais de árvores em florestas fragmentadas e as implicações para a conservação “in situ” das mesmas na floresta tropical da Amazônia Central. *IPEF*, 35: 47-59.
- Ratter, J.A.; Pott, A.; Pott, V.J.; Nunes da Cunha, C.; Haridasan, M. 1988. Observation on Woody vegetation types in the Pantanal and at Corumbá, Brazil. *Notes of Royal Botanic Garden Edinburg*, 45(3): 503-525.
- Regan, H.M.; Auld, T.D. 2004. Australian shrub *Grevillea caleyi*: recovery through management of fire and predation. In: Akçakaya, H.R.; Burgman, M.A.; Kindvall, O.; Wood, C.C.; Sjögren-Gulve, P.; Halfield, J.S. e McCarthy, M.A. 2004 (eds.). *Species Conservation and Management: Case Studies*. Oxford: Oxford University Press. 534pgs.
- Ricklefs, R. 2003. *A economia da natureza*, 5ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogan, 503pp.
- Ruschel, A.R.; Moerschbacher, B.M.; Nodari, R.O. 2006. Demografia de *Sorocea bonplandii* em remanescente de floresta estacional decidual, sul do Brasil. *Scientia Forestalis*, 70: 149-159.

- Salis, S.M.; Assis, M.A.; Crispim, S.M.A.; Casagrande, J.C. 2006. Distribuição e abundância de espécies em cerradões no Pantanal, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(3): 339-352.
- Salinas-Melgoza, A.; Salinas-Melgoza, V.; Renton, K. 2009. Factor influencing nest spacing of a secondary cavity-nesting parrot: habitat heterogeneity and proximity of conspecifics. *The Condor*, 111(2):305-313.
- Sampaio, M.B.; Guarino, E.S.G. 2007. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de floresta ombrófila mista. *Revista Árvore*, 31(6):1035-1046.
- Sano, J. 1997. Age and size distribution in a long-term forest dynamics. *Forest Ecology and Management*, 92: 39-44.
- Santos, B.A.; Melo, F.P.L.; Tabarelli, M. 2006. Seed shadow, seedling, recruitment, and spatial distribution of *Buchenavia capitata* (Combretaceae) in a fragment of the Brazilian atlantic forest. *Brazilian Journal Biology*, 66(3): 883-890.
- Santos, R.D., Carvalho Filho, A., Naime, U.J., Oliveira, H., Motta, P.E.F., Baruqui, A.M., Barrero, W.O., Melo, M.E.C.C.M., Paula, J.L., Santos, E.M.R.; Duarte, M.N. 1997. Pedologia. In Brasil. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Plano de conservação da bacia do alto Paraguai (Pantanal) – PCBAP. Diagnóstico dos meios físico e biótico: meio físico. MMA/SEMAM/PNMA, Brasília, v.2, p.120-293.
- Santos, S.A.; Costa, C.; Crispim, S.M.A.; Pott, A. 2000. Seleção de fitofisionomias da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, por bovinos. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, 2001, Corumbá. *Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Os desafios do novo milênio. Anais...Corumbá:EMBRAPA Pantanal, 2000.*
- Santos Júnior, A.; Ishii, I.H.; Guedes, N.M.R. e Almeida, F.L.R. 2006. Avaliação da idade das árvores usadas como ninho da arara-azul no Pantanal mato-grossense. *Natureza & Conservação*, 4(2): 67-76
- Santos Junior, A. 2006a. Evidencia de dispersión de semillas de *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst. por *Ramphastos toco* (Muller 1776), en la región del Pantanal. *Ambiência*, 2(2): 257-261

- Santos Jr, A. 2006b. *Aspectos populacionais de Sterculia apetala (Jacq.) Karst. (Sterculiaceae) como subsídios ao plano de conservação da arara-azul no Sul do Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Mato Grosso do Sul, 2006.* Dissertação de Mestrado, Campo Grande, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 51p.
- Santos Júnior, A.; Tomas, W.M.; Ishii, I.H.; Guedes, N.MR.; Hay, J.D. 2007. Occurrence of Hyacinth Macaw nesting sites in Sterculia apetala in the Pantanal Wetland, Brazil. *Gaia Scientia*, 1(2): 127-130
- Santos Jr, A. 2009. Desacerto entre pesquisas e leis. *Ciência Hoje*, 43(256):64-65.
- Sautu, A.; Baskin, J.M.; Baskin, C.C.; Deago, J.; Condit, R. 2007. Classification and ecological relationship of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panamá, Central America. *Seed science research*, 17: 127-140.
- Sautu, A.; Baskin, J.M.; Baskin, C.C.; Condit, R. 2006. Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panamá, Central America. *Forest Ecology and Management*, 234: 245-263.
- Sautu, A. 2000. *Cultivo de árboles nativos de Panamá: árbol Panamá – Sterculia apetala (Jacq.) Karst. Familia Sterculiaceae. Nº 4 – Proyecto de Investigación. Balboa: Editora STRI.*
- Schaaf, L.B.; Figueiredo-Filho, A.; Galvão, F. e Sanquetta, C.R. 2006. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período 1979 a 2000. *Revista Árvore*, 30(2): 283-295.
- Schilling, A.C.; Batista, J.L.F. 2008. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. *Revista Brasileira de Botânica*, 31(1):179-187
- Sebben, A.M.; Kageyama, P.Y.; Siqueira, A.C.M.F.; Zanatto, A.C.S. 2000. Sistema de cruzamento em populações de Cariniana legalis Mart. O. Ktze: implicações para a conservação e o melhoramento genético. *Scientia Forestalis*, 58: 25-40.
- Seixas, G.H.F. e Mourão, G.M. 2002. Nesting success and hatching survival of the blue-fronted amazon (Amazona aestiva) in the Pantanal of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Journal of field ornithology*, 73(4):399-409.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia brasileira*, Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Silva, E.A.A.; Davide, A.C.; Faria, J.M.R.; Melo, D.L.B.; Abreu, G.B. 2004. Germination studies on Tabebuia impetiginosa Mart. seeds. *Cerne*, 10(1): 1-9.

- Silva, J.S.V.; Abdon, M.M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33(1): 1703-1711
- Silva, M.P.; Mauro, R.; Mourão, G.; Coutinho, M. 2000. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. *Revista Brasileira de Botânica*, 23(1): 143-152.
- Silva, G.F.; Macieira, A.C.; Corrêa, C.C.; Guedes, N.M.R. 2005. O uso de ninhos naturais e artificiais monitorados pelo Projeto Arara Azul em 2004, no Pantanal, MS. In: 16° Encontro de Biólogos do CRBio-1, 2005, Campo Grande, MS. *Programa e Resumos do 16° Encontro de Biólogos do CRBio-1*. Campo Grande, MS: Conselho Regional de Biologia – 1 Região, 2005. p. 57-57.
- Silvertown, J.; Franco, M.; Pisanty, I.; Mendoza, A. 1993. Comparative plant demography: relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *The Journal of Ecology*, 81(3):465-476
- Smith, K.W. 1997. Nest site selection of the great spotted woodpecker Dendrocopos major in two oak woods in southern England, and its implications for woodland management. *Biological Conservation*, 80: 283-288.
- Spironello, W.R.; Sampaio, P.T.B.; Ronchi-Teles, B. 2004. Produção e predação de frutos em Aniba rosaeodora Ducke var. amazônica Ducke (Lauraceae) em sistema de plantio sob floresta de terra firme na Amazônia Central. *Acta Botanica Brasilica*, 18(4): 801-807.
- Soriano, B.M.A. 1997. Caracterização climática de Corumbá, MS. *Boletim de Pesquisa 11*. Corumbá: Embrapa-CPAP. 27pgs.
- Souza, P.A.; Venturim, N.; Macedo, R.L.G.; Alvarenga, M.I.N.; Silva, V.F. 2001. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. *Cerne*, 7(2): 43-52.
- Thompson, W.L. (ed.) 2004. *Sampling rare and elusive species – concepts, designs and techniques for estimates populations parameters*. Washington: Island Press. 429 pgs.
- Tubelis, D.P.; Tomas, W.M. 1999. Distribution of bird in a naturally patchy forest environment in the Pantanal wetland, Brazil. *Ararajuba*, 7(2): 81-89.

- Tubelis, D.P.; Tomas, W.M. 2003. Bird species of the wetland, Brazil. *Ararajuba*, 11(1): 5-37.
- Ubialli, J.A.; Figueiredo-Filho, A.; Machado, S.A.; Arce, J.E. 2009. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte matogrossense. *Acta Amazônica*, 39(2):305-314
- Valdés, A.B.; Carreras, E.P.; Artiles, G.R.; Salgueiro, N.E.; Fariñas, J.P.; Bueno, E.S. 2002. Aportes al conocimiento de La riqueza florística para la gestión ambiental de La Sierra de Najasa, Camagüey, Cuba. *Rodriguésia*, 53 (82): 131-145.
- Vieira, M.G.L.; Couto, H.T.Z. 2001. Estudo do tamanho e número de parcela na floresta atlântica do parque estadual de Carlos Botelho, São Paulo. *Scientia Forestalis*, 60: 11-20.
- Vieira, D.L.M.; Scariot, A.; Holl, K.D. 2006. Effects of habitat, cattle grazing and selective logging on seedling survival and growth in dry forest of Central Brazil. *Biotropica*, 39(2):269-274
- Virkkala, R.; Alanko, T.; Laine, T.; Tiainen, J. 1993. Populations contraction of the Whitebacked woodpecker *Dendrocopos leucotos* in Finland as a consequence of habitat alteration. *Biological Conservation*, 66: 47-53.
- Yaffee, S.L. 1994. The Northern Spotted Owl: an indicator of the importance of sociopolitical context. In: Clark, T.W.; Reading, R.P. & Clarke, A.L. (eds.) *Endangered species recovery: finding the lessons, improving the process*. Washington, Island Press. pp. 47-72.
- Waters, J.R.; Noon, B.R.; Verne, J. 1990. Lack of nest limitation in a cavity-nesting bird community. *Journal of Wildlife Management*, 54: 239-245.
- Welsh, C.J.E.; Capen, D.E. 1992. Availability of nesting sites as a limit to woodpecker populations. *Forest Ecology and Management*, 48: 31-41.
- Williams, B.W.; Moser, E.B.; Hires, J.K.; Gault, K.; Thurber, D.K. 2006. Protecting red-cockaded woodpecker cavity trees predisposed to fire-induced mortality. *The Journal of Wildlife Management*, 70(3): 702-707.

- Worbes, M.; Staschel, R.; Roloff, S.; Junk, W.J. 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*, 173: 105-123.
- Wright, S.J.; Jaraamillo, M.A.; Pavon, J.; Condit, R.; Hubbel, S.P.; Foster, R.B. 2005. Reproductive size thresholds in tropical trees: variations among individuals, species and forests. *Journal of tropical ecology*, 21:307-315.