

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
RECURSOS NATURAIS**

**Dinâmica de populações arbóreas em
área de cerrado sujeito ao fogo**

Marcelo Boccia Leite

**SÃO CARLOS
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
RECURSOS NATURAIS**

**Dinâmica de populações arbóreas em
área de cerrado sujeito ao fogo**

Marcelo Boccia Leite

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ecologia e Recursos Naturais. Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Dalva M. da Silva Matos

SÃO CARLOS
2010

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

L533dp

Leite, Marcelo Boccia.

Dinâmica de populações arbóreas em área de cerrado
sujeito ao fogo / Marcelo Boccia Leite. -- São Carlos :
UFSCar, 2010.

46 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2010.

1. Ecologia vegetal. 2. Dinâmica da população. 3.
Anadenanthera falcata. 4. *Dalbergia miscolobium*. 5. *Xylopia
aromatica*. 6. Fogo e ecologia. I. Título.

CDD: 581.5 (20ª)

Marcelo Boccia Leite

Dinâmica de populações arbóreas em área de cerrado sujeito ao fogo

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 05 de março de 2010

BANCA EXAMINADORA

Presidente



Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos
(Orientadora)

1º Examinador



Prof. Dr. Irineu Bianchini Júnior
PPGERN/UFSCar

2º Examinador



Prof. Dr. Flávio Nunes Ramos
UNIFAL/Aifenas-MG

Agradecimentos:

Aos meus pais por toda a confiança, apoio e carinho.

À minha família pelo apoio incondicional

À Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos pelo carinho, pela orientação, pelos momentos de alegria e diversão, pela paciência, pela confiança.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UFSCar pelo apoio e infra-estrutura fornecidas durante o curso.

Aos Funcionários da Botânica pela dedicação e pelas diferentes formas de apoio.

Aos amigos de laboratório Carol, Isabela, Belle, Mel, Rafael Xavier, Pavel, Talita Sampaio, Fernanda Tibério (cabeçuda), Quel, Adélcio e outros pela ajuda em campo, pelos momentos de descontrações, pelas inúmeras e diversas formas de discussões.

Aos meus amigos pela eterna amizade.

Aos meus amigos e colegas de pós-graduação pelo convívio e troca de idéias.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela cessão da bolsa.

Resumo

O fogo é um distúrbio comum na savana brasileira e a sua ação do fogo pode afetar importantes parâmetros populacionais e, por consequência, a taxa de crescimento populacional. Os modelos matriciais são poderosos instrumentos para estudos de dinâmica populacional, tais modelos fornecem a projeção da taxa de crescimento populacional. O objetivo desse estudo foi verificar a influência do fogo sobre a taxa de crescimento populacional através do uso de modelos matriciais. O estudo foi realizado em uma área de cerrado *sensu stricto* na região sudeste do Brasil. Os indivíduos de *Anadenanthera falcata*, *Dalbergia miscolobium* e *Xylopia aromatica*, foram divididos em classes de tamanho e as taxas de crescimento populacionais foram encontradas através do modelo matricial de Lefkovitch. Houve um aumento do número de plântulas e rebrotas entre os intervalos estudados. As taxas de crescimento populacionais se mantiveram próximas a 1; a sobrevivência de adultos foi fundamental o crescimento populacional de *X. aromatica*. Podemos concluir que o fogo favoreceu a reprodução assexuada e sexuada de maneira distinta entre as espécies, sendo que a reprodução sexuada foi mais intensa em *D. miscolobium*. As taxas de crescimento indicam que as três espécies são resilientes ao fogo; e a reprodução assexuada pouco contribuiu para o crescimento populacional de *X. aromatica*, indicando que a sobrevivência de adultos é fundamental para o estabelecimento dessa espécie.

Abstract

Fire is a common disturbance in the Brazilian savanna and their action can affect important parameters and, consequently, the rate of population growth. The matrix models are powerful tools for studies of population dynamics, this models provide a projection of the rate of population growth. The aim of this study was to investigate the influence of fire on the population growth rate through the use of matrix models. The study was carried out in the cerrado *sensu stricto* site in southeastern Brazil. The individuals *Anadenanthera falcata*, *Dalbergia miscolobium* and *Xylopia aromatica* were divided on class size and populations growth rates were found through the model matrix Lefkovitch. There was an increase in the number of seedlings and sprouts between intervals studied. The rates of population growth remained close to 1; the survival of adults was fundamental population growth of *X. aromatica*. We can conclude that the fire favored vegetative reproduction and sexual differently among species, and that sexual reproduction was more intense in *D. miscolobium*. The growth rates indicate that the three species are resilient to fire and the vegetative reproduction contributed little to the population growth of *X. aromatica*, indicating that adult survival is important for the establishment of this species.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
DESCRIÇÃO DA ÁREA.....	2
ESPÉCIES ESTUDADAS.....	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
CAPÍTULO 1- DINÂMICA POPULACIONAL DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS NA SAVANA BRASILEIRA.....	10
RESUMO.....	10
INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	12
RESULTADOS.....	16
DISCUSSÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
ANEXOS	26
CAPÍTULO 2- DINÂMICA POPULACIONAL DE <i>XYLOPIA AROMATICA</i> (LAM.) MART. (ANNONACEAE) EM UMA SAVANA NEOTROPICAL SUJEITA A FOGO.....	31
RESUMO.....	31
INTRODUÇÃO.....	32
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS.....	37
DISCUSSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS.....	44
CONCLUSÕES GERAIS.....	45

Introdução Geral

O Cerrado apresenta uma riqueza bastante elevada (CASTRO *et al.*, 1999), possuindo 1,2 % da flora mundial e cerca de 3.600 espécies vegetais endêmicas (MYERS *et al.*, 2000). Entretanto, o Cerrado está extremamente ameaçado por ações antrópicas, restando apenas de 20 % dos seus 2 milhões de Km² (INTERNATIONAL CONSERVATION, 2007) e menos do que 7% da área que ocupou no estado de São Paulo (KRONKA *et al.*, 1998). Tais fatos foram determinantes para que o cerrado seja considerado um dos “hotspots” de biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000).

A vegetação do cerrado é formada por um complexo de formações oreádicas caracterizada por 2 extremos vegetacionais, a formação florestal (Cerradão) e a campestre (campo limpo), passando por formações savânicas (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) formadas pela dominância alternada entre a vegetação arbórea arbustiva e herbácea subarbustiva (DURIGAN & RATTER, 2006). Alguns fatores como o fogo, a disponibilidade de água no solo e as propriedades físicas do solo são responsáveis por essa alternância de vegetação (FURLEY & RATTER, 1988).

O fogo é um fenômeno comum nas savanas tropicais (FROST & ROBERTSON, 1987; MIRANDA *et al.*, 2002), sendo que a sua ação pode favorecer a reprodução sexuada (COUTINHO, 1977) e assexuada (HOFFMANN, 1999; SILVA *et al.*, 2008); além de influenciar a sobrevivência das espécies (SATO & MIRANDA, 1996). Assim, o fogo tem um papel decisivo na dinâmica populacional do cerrado.

Estudos sobre dinâmica e estrutura de população são importantes para entender os processos que regulam as comunidades naturais e para determinar ações de manejo (SANTOS *et al.*, 1998). Através da demografia de populações é possível entender a dinâmica das espécies ao longo do tempo (GUEDJE *et al.*, 2003) e como os fatores

bióticos e abióticos interagem, provocando mudanças no número de plantas no tempo e no espaço (WATKINSON, 1997; GUEDJE *et al.*, 2003). O uso de modelos matriciais tem sido muito utilizado em estudos de demografia vegetal, mostrando-se adequados frente aos complexos ciclos de vida das plantas (SILVERTOWN *et al.*, 1996), e poderosos instrumentos para estudos de dinâmica populacional (CASWELL, 1989). Tais modelos têm sido utilizados na avaliação de algumas populações frente a distúrbios ambientais como o fogo (HOFFMANN, 1999) e para acessar as conseqüências de recrutamentos alterados para a dinâmica populacional (BRUNA, 2003).

Apesar da importância, poucos estudos sobre a dinâmica de populações são realizados em áreas de cerrado (HOFFMANN, 1999; VIRILLO, 2006), sendo que a grande maioria dos estudos foi realizada em florestas tropicais (PIÑERO *et al.*, 1984; SILVA MATOS *et al.*, 1999; SOUZA & MARTINS, 2002; BRUNA, 2003). Logo, devido às conseqüências das ações antrópicas sobre as áreas de cerrado remanescentes e da carência de conhecimento sobre a dinâmica de espécies arbóreas do cerrado, estudos que ajudem a aumentar o conhecimento sobre as espécies vegetais se tornam urgentes. Assim, o objetivo geral desse trabalho foi de descrever o efeito do fogo sobre a dinâmica populacional de espécies arbóreas do cerrado. Dessa forma, esta dissertação foi dividida em dois capítulos, sendo que no primeiro parágrafo estudou-se a influência do fogo no crescimento populacional de *Anadenanthera falcata*, *Dalbergia miscolobium* e *Xylopia aromatica*. No segundo, verificou-se como o fogo afeta a taxa de crescimento populacional da espécie *Xylopia aromatica* e quais são as contribuições dos indivíduos originados por reprodução sexuada e assexuada.

Descrição da Área

O estudo foi realizado em uma área de cerrado da Universidade Federal de São Carlos (21° 58' e 22° 00' S e 47° 51' e 47° 52' L). A reserva possui cerca de 124,8 ha e altitude variando de 815m à 895m (LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2005). O solo é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2005). A fisionomia é definida como cerrado *sensu-stricto* (COUTINHO, 1978).



Figura 1: Imagem de satélite da área de estudo

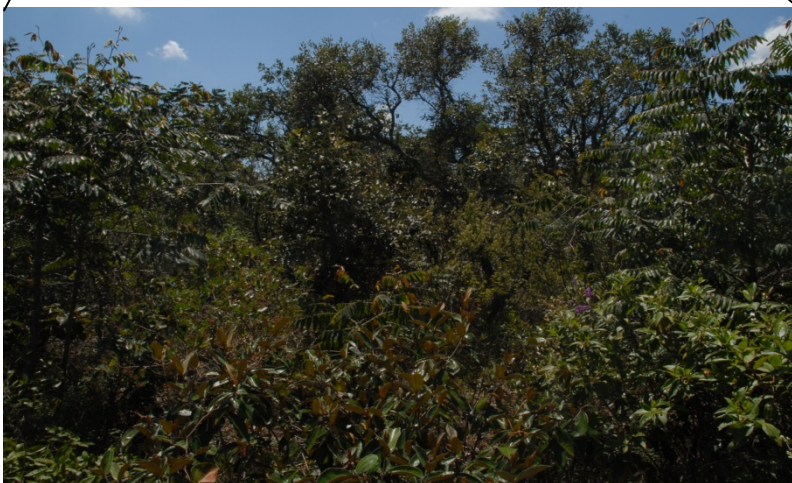
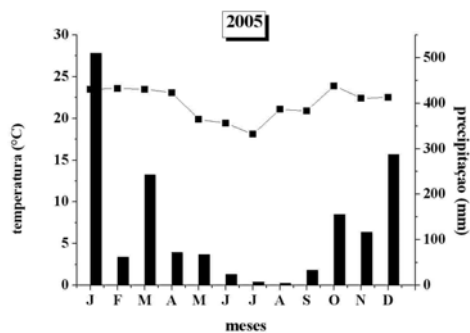


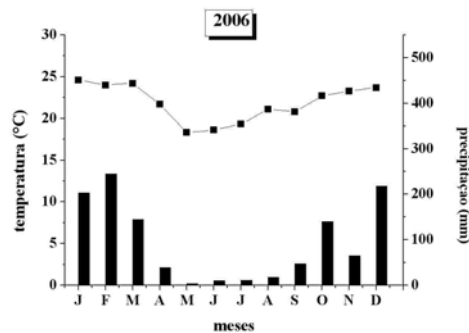
Figura 2: Vegetação de cerrado *sensu stricto* da área de estudo

O clima da região é definido como temperado quente com inverno seco (KÖPPEN, 1948), que vai de abril até setembro e o período chuvoso de outubro a março. A temperatura média anual varia de 20,8 a 21,7 °C e a precipitação anual entre 1.138 a 1.593 mm (VALENTI *et al.*, 2008).

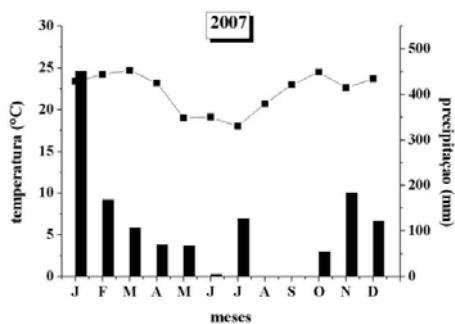
a)



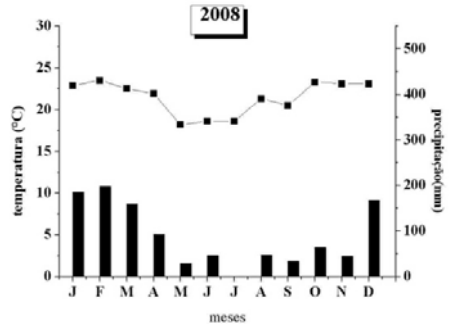
b)



c)



d)



e)

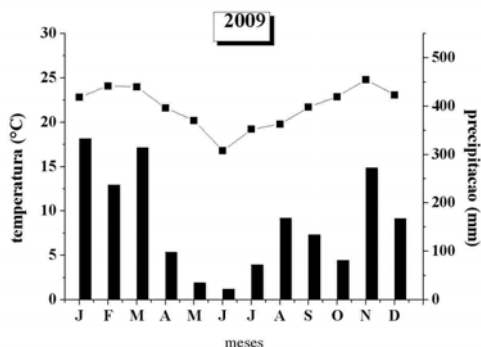


Figura 3: Climatogramas com médias mensais de temperatura e precipitação para a área de cerrado: **a)** Ano de 2005; **b)** de 2006; **c)** de 2007; **d)** de 2008 e **e)** de 2009 (CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS 2009).

Espécies estudadas

1) *Anadenanthera falcata* (Benth) Speg., conhecida popularmente como angico do cerrado, é uma árvore de grande porte, com casca espessa (DURIGAN *et al.*, 2004), o seu florescimento ocorre entre setembro a novembro (CARVALHO, 2003). É considerada uma planta pioneira, comum em vegetação secundária (CARVALHO, 2003) e sua distribuição varia desde formações de cerradão, até formações savânicas (DURIGAN *et al.*, 2004).

2) *Dalbergia miscolobium* Benth., também conhecida como jacarandá do cerrado, possui hábito arbóreo, sua casca é espessa (DURIGAN *et al.*, 2004), floresce no final da estação chuvosa e a dispersão do fruto tem início no final da estação seca (FRANCO *et al.*, 1996). Porém, o florescimento pode não ocorrer anualmente e sim em intervalos de 2 anos, de acordo com o trabalho de Gibbs & Sasaki (1998) realizado em Itirapina, SP. Segundo Franco *et al.* (1996), as plântulas desta espécie possuem a capacidade de rebrotar após a ocorrência de incêndios.

3) *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., conhecida como pimenta de macaco, é uma planta arbórea de pequeno porte, com tronco ereto (DURIGAN *et al.*, 2004), floresce e frutifica durante o ano inteiro (MIRANDA MELO *et al.*, 2007) e possui a capacidade de originar rebrotas através órgãos subterrâneos (GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006). É uma espécie pioneira (ALMEIDA *et al.*, 1998; LORENZI, 2002) e apesar de ser mais comum no cerrado sensu-stricto, ela também pode ser encontrada no cerradão (MIRANDA MELO *et al.*, 2007).



Figura 4: *Anadenanthera falcata*

Figura 5: *Dalbergia miscolobium*

Figura 6: *Xylopia aromatica*

Referências Bibliográficas:

ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M. RIBEIRO. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina. EMBRAPA-CPAC. p. 464. (1998).

BRUNA, E.M. Are plant populations in fragmented habitats recruitment limited? Tests with an Amazonian herb. *Ecology* 84: 932-947. (2003).

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. (2003).

CASTRO, A.A.J.F.; MARTINS, F.R.; TAMASHIRO, J.Y., SHEPHERD, G.J. How Rich is the Flora of Brazilian Cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86: 192-224. (1999).

CASWELL, H. Matrix populations models. Sinauer associates, inc Publisher sunderland, Massachusetts. (1989).

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS
<www.ciiagro.sp.gov.br> Acesso em: 26 nov. 2009.

COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado II- As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 5: 57-63. (1977).

COUTINHO, L.M. O Conceito do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 17-23. (1978).

DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. Plantas do Cerrado Paulista: Imagem de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica Ltda. (2004).

DURIGAN, G.; RATTER, J.A. Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo state, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 63: 119-130. (2006).

FRANCO, A.C.; SOUZA, M.P.; NARDOTO, G.B. Estabelecimento e crescimento de *Dalbergia miscolobium* Benth. Em áreas de campo sujo e cerrado no DF. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. (ed) Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga. Brasília. p. 84-92. (1996).

FROST, P.G.H.; ROBERTSON, F. The ecological effects of fire in savannas. In Walker, B.H.(ed) Determinants of tropical savannas. IRL Press Limited, Oxford, p. 93-139. (1987).

FURLEY, P.A.; RATTER, J.A. Soil Resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15: 97-108. (1988).

GIBBS, P.; SASSAKI, R. Reproductive Biology of *Dalbergia miscolobium* Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) in SE Brazil: The Effects of Pistillate Sorting on Fruit-set. *Annals of Botany* 81: 735-740. (1998).

GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. Life in the cerrado: a South American tropical seasonal vegetation. Vol. 1. Origin, structure, dynamics and plant use. Ulm: Reta Verlag, p. 277. (2006).

GUEDJE, N.M.; LEJOLY, J.; NKONGMENECK, B.A.; JONKERS, W.B.J.; Population dynamics of *Garcinia lucida* (Clusiaceae) in Cameroonian Atlantic forests. *Forest Ecology and Management* 177: 231-241. (2003).

HOFFMANN, W.A. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: Matrix models. *Ecology* 80: 1354-1369. (1999).

INTERNATIONAL CONSERVATION. <www.conservation.org.br>. Acesso em: 26 jun. 2007.

KÖPPEN, W. *Climatología*. Ciudad del México: Fondo de Cultura Económica, p. 466. (1948).

KRONKA, F.J.N. Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. pp 84. (1998).

LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. Disponível em: <www.lapa.ufscar.br>. Acesso em: 15 nov. 2005.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4rd. ed. Plantarum, Nova Odessa. (2002).

MIRANDA, H.S.; BUSTAMANTE, M.C.; MIRANDA, A.C. The fire factor. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (ed) *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press, p. 51-68. (2002).

MIRANDA MELO, A.A.; MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e de *Roupala montana* Aubl. em fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 501-507. (2007).

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858. (2002).

PIÑERO, D.; MARTINEZ-RAMOS, M.; SARUKHAN, J. A population model of *Astrocaryum mexicanum* and a sensitivity analysis of its finite rate of increase. *Journal of Ecology* 72: 977-992. (1984).

SANTOS, F.A.M.; PEDRONI, F.; ALVES, L.F.; SANCHES, M. Structure and dynamics of tree species of the atlantic forest. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 70: 873-880. (1998).

SATO, M.N.; MIRANDA, H.S.; Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado sensu-stricto submetido a diferentes regimes de queima. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. (ed) *Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga*. Brasília, p. 102-111. (1996).

SILVA, I.A.; VALENTI, M.W. SILVA-MATOS, D.M. Fire effects on the population structure of *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) in a Brazilian savanna. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 813-818. (2008).

SILVA MATOS, D.M.; FRECKLETON, R.P.; WATKINSON, A.R. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. *Ecology* 80: 2635-2650. (1999).

SILVERTOWN, J.; FRANCO, M.; MENGES, E. Interpretation of elasticity matrices as an aid to the management of plant populations for conservation. *Conservation Biology* 10: 591-597. (1996).

SOUZA, A.F.; MARTINS, F.R. Spatial distribution of an undergrowth palm in fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Plant Ecology* 164: 141-155. (2002).

VALENTI, M.W. CIANCIARUSO, M.V.; BATALHA, M.A. Seasonality of litterfall and leaf decomposition in a cerrado site. *Brazilian journal of Biology* 68: 459-465. (2008).

VIRILLO, C.B. Dinâmica e Estrutura de Populações de Cinco Espécies Lenhosas que Ocorrem no Cerrado de Itirapina, SP. Dissertação de Mestrado. Unicamp (2006).

WATKINSON, A.R. Plant populations dynamics. In: Crawley MJ (ed.) *Plant Ecology*. Oxford: Blakwell Science, pp 359-400. (1997).

Dinâmica populacional de três espécies arbóreas na savana brasileira

Resumo

Modelos matriciais são poderosos instrumentos para estudos de dinâmica populacional e na avaliação de populações frente a distúrbios como o fogo. A ação do fogo pode afetar importantes parâmetros demográficos como a sobrevivência e os eventos reprodutivos, podendo assim alterar a taxa de crescimento populacional. O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito do fogo sobre a dinâmica populacional de três espécies arbóreas abundantes na savana brasileira. O estudo foi realizado em uma área de savana na região sudeste do Brasil, as espécies estudadas foram divididas em classes de tamanho e através do modelo matricial de Lefkovitch, foram calculados a taxa de crescimento populacional. Houve aumento do número de plantas entre os intervalos estudados, o fogo favoreceu a reprodução sexuada e assexuada, o tamanho foi determinante para a sobrevivência e as taxas de crescimentos populacionais permanecerem próximas a 1. Concluímos que o fogo favoreceu a reprodução sexuada e assexuada de modo distinto entre as 3 espécies selecionadas, sendo que a reprodução sexuada foi mais intensa em *D. miscolobium*. Além disso, as taxas de crescimentos populacionais indicam que as três espécies estudadas são resilientes ao fogo.

Palavra chave: Modelo matricial de Lefkovitch, *Anadenanthera falcata*, *Dalbergia miscolobium*, *Xylopia aromática*, dinâmica de população, efeito do fogo.

Introdução

Estudos demográficos são importantes para entender a dinâmica populacional ao longo do tempo (GUEDJE *et al.*, 2003). Através da dinâmica das populações pode-se identificar como os fatores bióticos e abióticos interagem, provocando mudanças no número de indivíduos no tempo e no espaço (WATKINSON, 1997; GUEDJE *et al.*, 2003). Modelos matriciais têm sido muito utilizados em estudos de demografia vegetal, mostrando-se adequados frente aos complexos ciclos de vida das plantas (SILVERTOWN, 1996) e poderosos instrumentos para estudos de dinâmica populacional (CASWELL, 1989), inclusive na avaliação de algumas populações frente a distúrbios ambientais como o fogo (HOFFMANN, 1999).

O fogo é um fenômeno recorrente nas savanas tropicais (FROST & ROBERTSON, 1987; MIRANDA *et al.*, 2002) e, apesar de ocorrer naturalmente por meio dos raios (MIRANDA *et al.*, 2002), o seu uso como ferramenta de manejo fez a sua frequência aumentar consideravelmente (HOFFMANN & MOREIRA, 2002). O aumento na frequência de incêndios tem conseqüências diretas para a vegetação do cerrado, já que a sua ação pode, ente outras implicações, alterar a disponibilidade de nutrientes no solo (COUTINHO, 1979; KAUFFMAN *et al.*, 1994; NARDOTO *et al.*, 2006), provocar mudanças microclimáticas (CASTRO NEVES & MIRANDA, 1996), afetar os parâmetros demográficos como a sobrevivência (FROST & ROBERTSON, 1986; SATO & MIRANDA, 1996) e os eventos reprodutivos (COUTINHO, 1977; HOFFMANN, 1998), podendo assim alterar a taxa de crescimento populacional.

Dentre os efeitos provocados pelo fogo nas savanas, a reprodução talvez seja o parâmetro mais importante, pois a ação do fogo pode alterá-la de diversas maneiras. O fogo pode facilitar a dispersão das sementes de algumas espécies e aumentar o número de plântulas através do sincronismo dos eventos reprodutivos e dessa forma, favorecer a

reprodução sexuada (COUTINHO, 1977). Em adição, o fogo pode aumentar à quantidade de brotos, que devido ao seu maior tamanho em relação às plântulas, os tornam menos susceptíveis a ação do fogo, reforçando a importância desse tipo de reprodução em áreas onde a ocorrência de incêndios é freqüente (HOFFMANN, 1998). Esta diferença na reprodução sexuada e assexuada também pode estar relacionada com a diferença na alocação de recursos em ambientes perturbados ou onde os recursos são limitantes (PAUSAS & VERDU, 2005). Dessa forma, espécies que se reproduzem assexuadamente devem alocar mais recursos em órgãos de reservas enquanto que as espécies que se reproduzem sexuadamente alocam mais recursos em crescimento aéreo (MIDLEY, 1996). Assim, as maneiras como as espécies alocam os recursos, também exerce influencia na taxa de crescimento populacional. Nesse contexto, considerando que o efeito do fogo na reprodução assexuada e sexuada pode variar amplamente entre as espécies da savana brasileira, espera-se que a dinâmica populacional das espécies estudadas seja influenciada de modo distinto pelos incêndios. Logo, o objetivo desse trabalho foi verificar o efeito do fogo sobre a dinâmica populacional de três espécies arbóreas abundantes na savana brasileira. Para isso, verificamos como o fogo afeta a reprodução, o crescimento e a sobrevivência dessas espécies.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma área de cerrado da Universidade Federal de São Carlos (21° 58' e 22° 00' S e 47° 51' e 47° 52' L). A área possui em torno de 124,8 ha e altitude variando de 815 à 895m (LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2005). O solo é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, (LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2005). O clima da região é definido como temperado quente com inverno seco (KÖPPEN, 1948), o período seco que vai de

abril até setembro e o período chuvoso de outubro a março, (Figura 1). A fisionomia é definida como cerrado *sensu-stricto* (COUTINHO, 1978). Em agosto de 2006 um incêndio de origem antrópica atingiu a área de estudo, esse incêndio afetou a copa de inúmeras árvores e ocasionou a morte de indivíduos adultos (SILVA *et al.*, 2008).

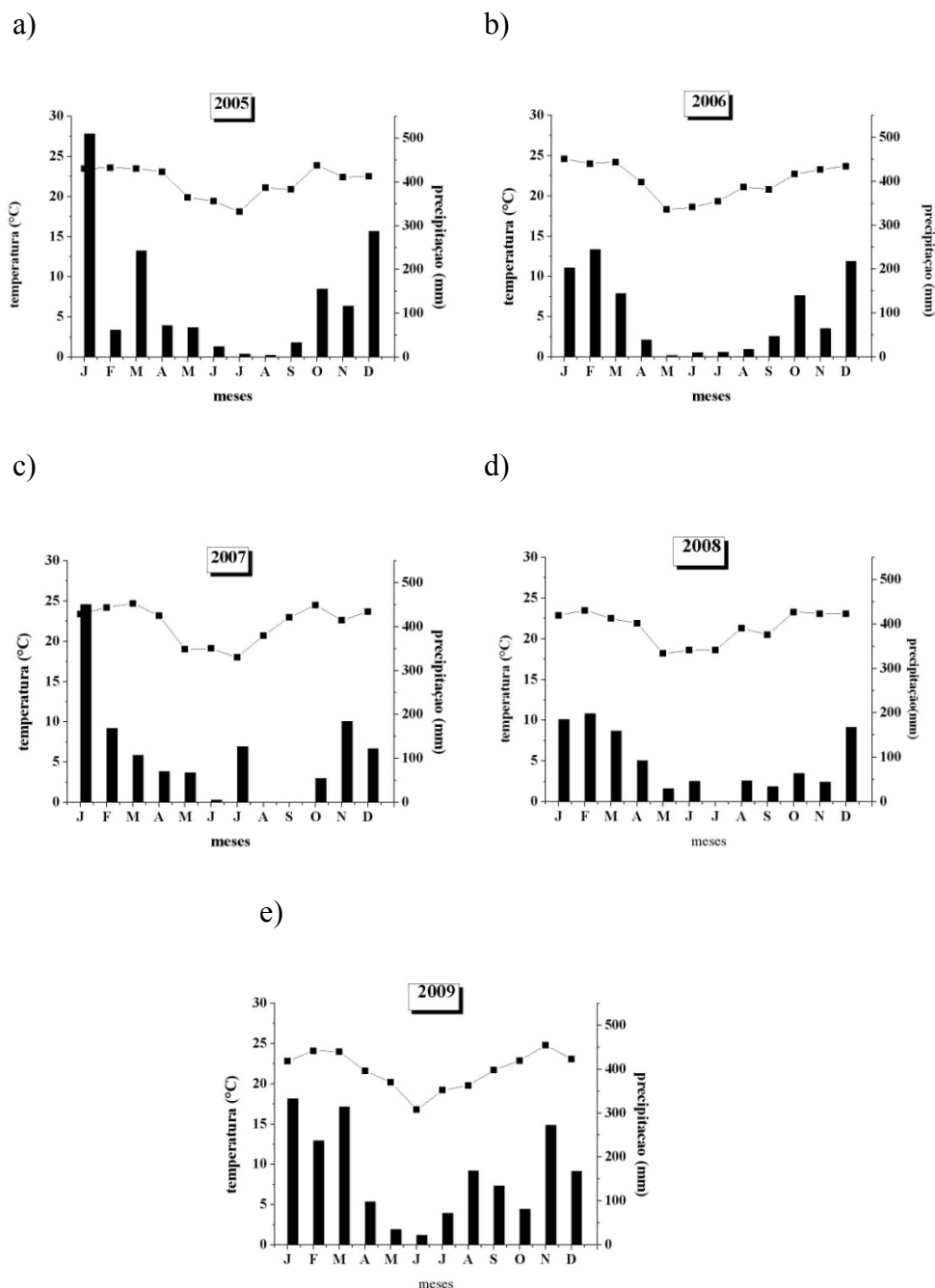


Figura 1: Climatogramas com médias mensais de temperatura e precipitação para a área desse estudo: **a)** Ano de 2005; **b)** de 2006; **c)** de 2007; **d)** de 2008 e **e)** de 2009 (CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS 2009).

As espécies selecionadas são típicas, amplamente e abundantemente distribuídas nas áreas de cerrado (BATALHA & MANTOVANI, 2001; DURIGAN *et al.*, 2003): 1) *Anadenanthera falcata* (Benth) Speg. (Fabaceae), é uma árvore de grande porte, com casca espessa (DURIGAN *et al.*, 2004), o seu florescimento ocorre entre setembro a novembro (CARVALHO, 2003). É considerada uma planta pioneira, comum em vegetação secundária (CARVALHO, 2003); sua distribuição varia desde formações florestais como o cerradão, até formações savânicas (DURIGAN *et al.*, 2004); 2) *Dalbergia miscolobium* Benth. (Fabaceae), possui hábito arbóreo, sua casca é espessa (DURIGAN *et al.*, 2004), floresce no final da estação chuvosa e a dispersão do fruto tem início no final da estação seca (FRANCO *et al.*, 1996). Porém, o florescimento pode não ocorrer anualmente e sim em intervalos de 2 anos (GIBBS & SASSAKI, 1998). As plântulas desta espécie possuem a capacidade de rebrotar após a ocorrência de incêndios (FRANCO *et al.*, 1996); e 3) *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae), é uma planta arbórea de pequeno porte, com tronco ereto (DURIGAN *et al.*, 2004), floresce e frutifica durante o ano inteiro (MIRANDA MELO *et al.*, 2007) e possui a capacidade de originar rebrotas através órgãos subterrâneos (GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006). É uma espécie pioneira (ALMEIDA *et al.* 1998, LORENZI, 2002) e apesar de ser mais comum no cerrado, ela também pode ser encontrada no cerradão (MIRANDA MELO *et al.*, 2007). Além disso, possui ampla ocorrência em áreas perturbadas (ALMEIDA *et al.*, 1998).

As populações foram amostradas em 60 parcelas de 25 m², sendo que dentro de cada parcela, todos os indivíduos selecionados foram identificados, marcadas e tiveram o diâmetro do caule ao nível do solo e a altura total medidos. O primeiro censo foi realizado imediatamente após o incêndio, entre setembro e outubro de 2006, o segundo,

6 meses (entre os meses de março a abril de 2007), o terceiro durante os meses de março a abril de 2008 e o último entre março e abril de 2009.

No primeiro censo foram medidos todos os indivíduos que possuía folhas verdes ou secas, de modo que fosse possível identificar as espécies e avaliar se estavam vivas ou mortas. Neste estudo foram considerados como indivíduos todos os caules, independente se fossem genetas ou rametas (brotos). Nos censos seguintes, todos os indivíduos foram novamente amostrados e os novos indivíduos foram marcados e tiveram o diâmetro ao nível do solo e as alturas totais medidos.

As espécies foram divididas em classes de tamanho, baseadas na presença de folhas cotiledonares e nas medidas de diâmetro. Os indivíduos de *A. falcata* e *D. miscolobium* foram divididos, respectivamente, em 6 e 3 classes com intervalos de 3 cm de diâmetro e mais uma classe adicional para rebrotas em cada espécie e os indivíduos de *X. aromatica* foram divididos em 10 classes com intervalos de 1,0 cm de diâmetro, sendo 5 classes para as rebrotas. Na primeira classe (plântula) foram incluídos os indivíduos com cotilédones e no caso de *X. aromatica* os indivíduos com folhas alternas. Consideram-se rebrotas os indivíduos que estavam muito próximos de outros indivíduos e que se movimentavam quando os troncos mortos ou vivos eram balançados.

Para cada intervalo, as taxas de sobrevivência das plantas originadas por reprodução sexuada (σ) e assexuada (σ_b) em cada classe de tamanho foram calculadas a partir do número de plantas que sobreviveram durante aquele intervalo dividido pelo número de plantas vivas no censo anterior. As taxas de transição dos indivíduos oriundos de reprodução sexuada (γ) e vegetativa (γ_b) de uma classe para a classe seguinte foram obtidas considerando o número de plantas que cresceram para a classe seguinte dividida pelo número de plantas que sobreviveram na classe durante o período.

A fecundidade (F) foi calculada dividindo-se o número de novas plântulas durante o intervalo pelo número de adultos observados no censo anterior e também calculamos a taxa de rebrotas (B) para indivíduos oriundos de reprodução assexuada, dividindo o número de rebrotas surgidas no intervalo pelo número de indivíduos das classes que originaram essas rebrotas.

A partir do cálculo das taxas de sobrevivência, transição, fecundidade e brotamento, foram calculadas. 1) a probabilidade de um indivíduo, originado por reprodução sexuada, sobreviver e permanecer no mesmo estágio (**P**), através da fórmula $P = \sigma \cdot (1 - \gamma)$; 2) a probabilidade do indivíduo originado por reprodução assexuada sobreviver e permanecer no mesmo estágio (**P_b**), através da fórmula $P_b = \sigma_b \cdot (1 - \gamma_b)$; 3) a probabilidade do indivíduo originado por reprodução sexuada, sobreviver e passar para a classe seguinte (**G**), através da fórmula $G = \sigma \cdot \gamma$ e 4) a probabilidade do indivíduo, originado por reprodução assexuada, sobreviver e passar para o estágio seguinte (**G_b**), foi calculada através da fórmula $G_b = \sigma_b \cdot \gamma_b$. Os valores calculados e as taxas de fecundidade (F) e de brotamento (B), foram, então, incluídos no modelo matricial de Lefkovich citado por Caswell (1989), utilizado para o cálculo da taxa de crescimento populacional quando os indivíduos são agrupados em classes de tamanho (CASWELL, 1989; WATKINSON, 1997).

Resultados

O número de indivíduos da espécie *A. falcata* foi maior no 2º censo, 6 meses após o incêndio, passando de 160 para 267 indivíduos/ hectare, retornando a um número menor que o inicial no ano seguinte, 140 indivíduos/ hectare (Tabela 1). Esta variação também foi verificada para o número de plântulas que passou de 86 para 153 indivíduos/ hectare no intervalo entre o primeiro e segundo censo, retornando ao número inicial no ano seguinte, de 153 para 86 indivíduos/hectare (Tabela 2). Os brotos,

todos da classe inicial de tamanho, surgiram no 2º censo, porém houve uma redução no número de brotos no censo seguinte (Tabela 2). O número de indivíduos das outras classes de tamanho mostrou pouca variação entre os censos (Tabela 2).

A população de *D. miscolobium* aumentou entre o primeiro censo realizado 1 mês após o fogo, de 93 indivíduos/hectare para 7827, diminuindo para 5507 no intervalo entre o segundo e o terceiro censo, respectivamente (Tabela 1). Este aumento deveu-se ao aumento expressivo de plântulas, que passou de 66 plântulas no primeiro censo, para 7800 no segundo e 5493 no terceiro (Tabela 3). Esta espécie apresentou brotos apenas da classe 1, não apresentando variação do número de rebrotas entre o censo 2 e 3 (Tabela 3). Já o número de indivíduos da classe 2 reduziu pela metade entre os censos, chegando a zero no censo 3 enquanto que a classe 3 não apresentou variação (Tabela 3).

A população de *X. aromatica* apresentou um aumento de 1007 indivíduos/ha amostrados no primeiro censo, para 4320 e 3407 no segundo e terceiro censos, respectivamente (Tabela 1). Esta variação no tamanho populacional se deveu essencialmente a variação do número de indivíduos das classes iniciais de tamanho, plântulas e rebrotas. O número de plântulas amostradas variou de 426 no primeiro censo, 2033 e 1800 no segundo e terceiro censos (Tabela 4). No 2º censo surgiram 1700 brotos, passando a 646 no 3º (Tabela 4). Nas classes superiores houve uma tendência à redução na quantidade de indivíduos em relação ao número inicial, o mesmo aconteceu para os brotos que surgiram no 2º censo (Tabela 4).

A taxa de sobrevivência dos indivíduos de *A. falcata* foi maior entre as maiores classes de tamanho, apresentando taxa de sobrevivência maior para brotos da classe inicial em relação às plântulas. Apenas os indivíduos das maiores classes de tamanho cresceram para a classe seguinte (Tabela 2).

Praticamente todos os indivíduos de *D. miscolobium* da maior classe de tamanho sobreviveram durante o período de estudo. Para as plântulas (classe 1) a taxa de sobrevivência foi maior no intervalo 3 em relação ao 2. Para as rebrotas, o valor da taxa de sobrevivência sofreu uma redução do censo 2 para o 3 sendo inferior a taxa de sobrevivência encontrada para plântulas (Tabela 3). Nenhum indivíduo desta espécie mudou de classe durante o período estudado.

A espécie *X. aromatica* apresentou as maiores taxas de sobrevivência entre as classes de tamanho superiores. Comparando as taxas de sobrevivência de plântulas e dos brotos da classe 1S, ela foi maior para as plântulas. Em relação à taxa de transição, a classe 1 de rebrotas e de plântulas apresentaram taxas menores do que as classes superiores, sendo que as classes de rebrotas apresentaram as menores taxas de transição quando comparadas com as classes de rametas correspondentes, a exceção foi a classe 1B (Tabela 4).

A espécie que apresentou a maior taxa de fecundidade foi *D. miscolobium* com 194.6 plântulas, seguida por *A. falcata* 8.64 e *X. aromatica* com 4.81. Os valores das taxas de crescimento populacionais médio foram 0.999 para *A. falcata* (Tabela 6), 1.0 para *D. miscolobium* (Tabela 7) e 1.05 para *X. aromatica* (Tabela 8).

Discussão

O aumento do número de indivíduos apresentado no segundo censo ocorreu devido à grande quantidade de plântulas e de rebrotas originadas nesses primeiros 6 meses após o fogo. Esse aumento foi favorecido pelo fogo, já que o fogo estimula a produção de brotos em algumas espécies (HOFFMANN, 1999; SILVA *et al.* 2008) e favorece a reprodução sexuada em outras (COUTINHO, 1977).

De modo geral, os indivíduos das maiores classes de tamanho foram os que apresentaram as maiores taxas de sobrevivência. De acordo com Sato & Miranda

(1996), esse evento é normal, uma vez que o tamanho é determinante para a sobrevivência e conseqüentemente para tolerar a ação do fogo. Para as classes de tamanho menores, as taxas de sobrevivência variaram entre as espécies, plântulas e rebrotas.

De acordo com Bartimachi *et al.* (2008), as sementes de *A. falcata* são bastante predadas e as que conseguem germinar possuem a taxa de sobrevivência bastante reduzida, resultado semelhante parece estar ocorrendo na área desse estudo. Por outro lado, o aumento na taxa de sobrevivência das plântulas de *D. miscolobium* pode ter ocorrido pelo maior investimento na aquisição de nutrientes, pois as plântulas desta espécie investem mais no desenvolvimento do sistema radicular (MOREIRA & KLINK, 2000). Esse investimento pode estar favorecendo o acúmulo de reservas, que por sua vez está diretamente ligada a capacidade de rebrotar (BOND & MIDGLEY, 2001). Logo, com o aumento do acúmulo de reservas é esperado que a sobrevivência dessas plântulas também aumente. A dispersão de sementes de *X. aromatica* pelas aves (SILVA JUNIOR, 2005), pode propiciar a germinação em áreas mais favoráveis e dessa forma aumentar a sobrevivência dessas plântulas. Em relação às rebrotas, a elevada produção de rebrotas apresentada por *X. aromatica* e o investimento em crescimento podem ter comprometido a alocação de recursos para a manutenção destes brotos, pois, a divisão de recursos em muitos troncos e a manutenção de um banco de gemas pode ter um custo energético elevado segundo Midley (1996). Assim, os diferentes valores de sobrevivência encontrados para as plântulas e rebrotas, podem ter ocorrido por diferenças na alocação de recursos, na intensidade de competição e na capacidade de produção de novos brotos.

Com relação às baixas taxas de transições, principalmente entre os indivíduos das menores classes de tamanhos, elas podem ter ocorrido devido a existência de um

comprometimento fisiológico (trade-off), pelo qual as espécies que rebrotam investiriam em crescimento subterrâneo e as que produzem sementes em crescimento aéreo (MIDGLEY, 1996). Assim, como a maioria das espécies do cerrado possuem a capacidade de rebrotar (HOFFMANN, 1999), as baixas taxas de transição podem ter sido consequência do maior investimento em produção de raiz, como forma de ampliar a obtenção de recursos para então investir em crescimento e reprodução.

A Taxa de crescimento populacional pode indicar se a população está estável no ambiente ($\lambda = 1$), se ela corre o risco de entrar em extinção ($\lambda < 1$), ou se está aumentando ($\lambda > 1$) (Silva-Matos, 1995). Assim, a taxa de crescimento populacional determinada para as três espécies demonstram que, apesar do impacto sofrido, essas populações mantiveram a taxa de crescimento populacional próximos a 1.0, indicando estabilidade. Entretanto, de acordo com dados registrados na literatura, verifica-se que estas taxas podem variar dentro da mesma área, como aconteceu com *X. aromatica* (VIRILLO, 2006) ou até mesmo variar de acordo com diferentes intervalos de ocorrência de fogo (HOFFMANN, 1999) (Tabela 5). Em áreas queimadas anualmente as taxas de crescimento populacional tendem a diminuir; entretanto, em intervalos maiores, as taxas tendem a ser próximas ou maiores que 1,0 (Tabela 5) (HOFFMANN, 1999). Considerando que a área está protegida do fogo a mais de 3 anos, o resultado obtido nesse estudo parece corroborar os resultados encontrados por Hoffmann (1999). Contudo, o número de plântulas e rebrotas surgidas nos primeiros 6 meses podem ter sido determinantes para a taxa de crescimento populacional. Assim, este aumento pode ser temporário, uma vez que houve uma redução na quantidade de plântulas e rebrotas nos intervalos posteriores e, além disso, essas plantas devem passar por inúmeras dificuldades, como a sazonalidade, a herbívoros e o fogo.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o fogo favoreceu a reprodução sexuada e assexuada de modo distinto entre as 3 espécies selecionadas, sendo que a reprodução sexuada foi mais intensa em *D. miscolobium*. Todas as espécies apresentaram baixa taxa de transição, principalmente, entre as menores classes de tamanho e uma maior sobrevivência entre as maiores classes de tamanho. Além disso, as taxas de crescimentos populacionais se mantiveram próximas ou acima de 1, indicando que as três espécies estudadas podem ser resilientes ao fogo.

Referências Bibliográficas:

ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M. RIBEIRO. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina. EMBRAPA-CPAC. p. 464. (1998).

BARTIMACHI, A.; NEVES, J.; PEDRONI, F. Predação pós-dispersão de sementes do angico *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Leguminosae-Mimosoideae) em mata de galeria em Barra do Garças, MT. Revista Brasileira de Botânica 31: 215-225. (2008).

BATALHA, M.A.; MANTOVANI, W. Floristic compositions of the cerrado in the pe-de-gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, southeastern Brazil). Acta botanica brasílica 15: 289-304. (2001).

BOND, W.J.; MIDLEY, J.J. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. Trends in Ecology & Evolution 16: 45-51. (2001).

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. (2003).

CASTRO NEVES, B.M.; MIRANDA, H.S. Efeitos do fogo no regime térmico do solo de um campo sujo de cerrado. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. (Ed) Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga. Brasília. p. 20-30. (1996).

CASWELL, H. Matrix populations models. Sinauer associates, inc Publisher sunderland, Massachusetts. (1989).

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS <www.ciiagro.sp.gov.br> Acesso em: 26 nov. 2009.

COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado II- As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 5: 57-63. (1977).

COUTINHO, L.M. O Conceito do cerrado. Revista Brasileira de Botânica 1: 17-23. (1978).

COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado III- A precipitação atmosférica de nutrientes minerais. Revista Brasileira de Botânica 2: 97-101. (1979).

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C.; BRIDGEWATER, G.; RATTER, J.A. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo state, Brazil. Edinburgh Journal of Botany 60: 217-241. (2003).

DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. Plantas do Cerrado Paulista: Imagem de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica Ltda. (2004).

FRANCO, A.C.; SOUZA, M.P.; NARDOTO, G.B. Estabelecimento e crescimento de *Dalbergia miscolobium* Benth. Em áreas de campo sujo e cerrado no DF. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. (ed) Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga. Brasília. p. 84-92. (1996).

FROST, P.G.H.; ROBERTSON, F. The ecological effects of fire in savannas. In Walker, BH,(ed) Determinants of tropical savannas. IRL Press Limited, Oxford, p. 93-139. (1987).

GIBBS, P.; SASSAKI, R. Reproductive Biology of *Dalbergia miscolobium* Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) in SE Brazil: The Effects of Pistillate Sorting on Fruit-set. *Annals of Botany* 81: 735-740. (1998).

GUEDJE, N.M.; LEJOLY, J.; NKONGMENECK, B.A.; JONKERS, W.B.J.; Population dynamics of *Garcinia lucida* (Clusiaceae) in Cameroonian Atlantic forests. *Forest Ecology and Management* 177: 231-241. (2003).

GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. Life in the cerrado: a South American tropical seasonal vegetation. Vol. 1. Origin, structure, dynamics and plant use. Ulm: Reta Verlag, p. 277. (2006).

HOFFMANN, W.A.; Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. *Journal of Applied Ecology* 35: 422-433. (1998).

HOFFMANN, W.A. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: Matrix models. *Ecology* 80: 1354-1369. (1999).

HOFFMANN, W.A.; MOREIRA, A.G. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: Oliveira PS, Marquis RJ (ed) *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York, Columbia University Press, p. 159-177. (2002).

KAUFFMAN, J.B.; CUMMINGS, D.L.; WARD, D.E.; Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the brazilian cerrado. *Journal of Ecology* 82: 519-531. (1994).

KÖPPEN, W. *Climatología*. Ciudad del México: Fondo de Cultura Económica, p. 466. (1948).

LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. Disponível em: <www.lapa.ufscar.br>. Acesso em: 15 nov. 2005.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4rd. ed. Plantarum, Nova Odessa. (2002).

MIDGLEY, J.J.; Why the world's vegetation is not totally dominated by resprouting plants; because resprouters are shorter than seeders. *Ecography* 19: 92-95.(1996).

MIRANDA, H.S.; BUSTAMANTE, M.C.; MIRANDA, A.C. The fire factor. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (ed) *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press, p. 51-68. (2002).

MIRANDA MELO, A.A.; MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e de *Roupala montana* Aubl. em fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 501-507. (2007).

MOREIRA, A.G.; KLINK, C.A. Biomass allocation and growth of tree seedlings from two contrasting Brazilian savannas. *Ecotropicos* 13: 43-51. (2000).

NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C.B.; Pinto, A.S.; Klink, C.A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. *Journal of Tropical Ecology* 22: 191-201. (2006).

PIVELLO, V.R.; COUTINHO, L.M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian Savanna). *Journal of Tropical Ecology* 8: 487-497. (1992).

PAUSAS, J.G.; VERDÚ, M. Plant persistence traits in fire-prone ecosystems of the Mediterranean basin: a phylogenetic approach. *Oikos* 109:196-202. (2005).

SATO, M.N.; MIRANDA, H.S.; Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado sensu-stricto submetido a diferentes regimes de queima. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. (ed) *Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga*. Brasília, p. 102-111. (1996).

SILVA, I.A.; VALENTI, M.W. SILVA-MATOS, D.M. Fire effects on the population structure of *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) in a Brazilian savanna. *Brazilian Journal of Biology* 69: 813-818. (2008).

SILVA JUNIOR, M.C. 100 árvores do cerrado: guia de campo. Brasília: Ed rede de sementes do cerrado, 278 p. (2005).

SILVA-MATOS, D.M. Population ecology of *Euterpe edulis* Mart. (Palmae). Tese de Doutorado. University of East Anglia, Norwich. England. 187p. (1995).

SILVERTOWN, J.; FRANCO, M.; MENGES, E. Interpretation of elasticity matrices as an aid to the management of plant populations for conservation. *Conservation Biology* 10: 591-597. (1996).

VIRILLO, C.B. Dinâmica e Estrutura de Populações de Cinco Espécies Lenhosas que Ocorrem no Cerrado De Itirapina, SP. Data da defesa. Dissertação (Mestrado em Ecologia)- Instituto de biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. (2006).

WATKINSON, A.R. Plant populations dynamics. In: Crawley MJ (ed.) Plant Ecology. Oxford: Blakwell Science. p. 359-400.(1997).

Anexos:

Tabela 1- Número total de indivíduos por hectare para cada espécie.

Espécies	Número Total de Indivíduos / hectare		
	1º censo	2º censo	3º censo
<i>Anadenanthera falcata</i>	160	267	140
<i>Dalbergia miscolobium</i>	93	7827	5507
<i>Xylopia aromatica</i>	1007	4320	3407

Tabela 2- Tabela de vida para uma população de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg amostradas em uma área de cerrado sensu-stricto da Universidade Federal de São Carlos (SP). A) tabela de vida para o intervalo 1; B) tabela de vida para o intervalo 2 e C) tabela de vida para o intervalo 3. Onde: Pl representa a classe das plântulas; J1 Jovens 1; J2 Jovens 2; J3 Jovens 3; Im adultos não reprodutivos (imaturos) e Ad adultos reprodutivos; 1b indivíduos originados através de rebrotas; Taxa de crescimento individual (cm) é a taxa de crescimento médio em diâmetro (cm); σ é a taxa de sobrevivência; γ é a taxa de transição; Brotos 1b é o valor da taxa de reprodução assexuada da classe 1B.

A)

Classes de Tamanho	Pl	1B	J 1	J2	J3	Im	Ad
Nº de Plantas ha ⁻¹	86.7	-	13.3	20	13.3	6.7	20
Taxa de crescimento Individual (cm)	0.07±	-	-	0.32±	0.25±	0.08	0.33±
	0.12	-	-	0.09	0.35	-	1.14
σ	0.92	-	0	0.67	1	1	1
γ	-	-	-	-	-	-	-
Brotos 1B	0.61	-	-	-	-	-	-
Fecundidade	-	-	-	4.89	4.89	4.89	4.89

B)

Classes de Tamanho	Pl	1B	J 1	J 2	J 3	Im	Ad
Nº de Plantas ha ⁻¹	153.3	60	-	13.3	13.3	6.7	20
Taxa de crescimento Individual (cm)	0.06± 0.16	0.13±	-	0.55±	0.9± 1.27	0	0.32±
		0.34		0.77			0.33
σ	0.57	0.62	-	1.00	1.00	1.00	1.00
γ	-	-	-	-	0.50	-	-
Brotos 1B	-	-	-	-	-	-	-
Fecundidade	-	-	-	-	-	-	-

C)

Classes de Tamanho	Pl	1B	J 1	J2	J 3	Im	Ad
Nº de Plantas ha ⁻¹	86.7	40	-	13.3	6.7	13.3	20
Taxa de crescimento Individual (cm)	0.30± 0.42	0.09± 0.12	-	0.55± 0.20	0.49	1.2±	0.63±
						0.7	0.61
σ	0.38	0.22	-	1	1	1	1
γ	-	-	-	-	-	0.5	-
Brotos 1B	-	-	-	-	-	-	-
Fecundidade	-	-	-	1	1	1	1

Tabela 3- Tabela de vida para uma população de *Dalbergia miscolobium* (Benth.) amostradas em uma área de cerrado sensu-stricto da Universidade Federal de São Carlos (SP). A) tabela de vida para o intervalo 1; B) tabela de vida para o intervalo 2 e C) tabela de vida para o intervalo. Onde: Pl representa a classe das plântulas; IM imaturos e Ad adultos reprodutivos (Ad); 1b indivíduos originados através de rebrotas; Taxa de crescimento individual (cm) é a taxa de crescimento médio em diâmetro (cm); σ é a taxa de sobrevivência; γ é a taxa de transição; Brotos 1B é o valor da taxa de reprodução assexuada da classe 1B.

A)

Classes de Tamanho	Pl		1B	Im	Ad
N° de Plantas ha ⁻¹	66.7		-	13.3	13.3
Taxa de crescimento Individual (cm)	0.01±	0.03	-	0	0.51±
σ	0.6		-	0.5	1
γ	-		-	-	-
Brotos 1B	1.6		-	-	-
Fecundidade	-		-	-	584

B)

Classes de Tamanho	Pl		1B	Im	Ad
N° de Plantas ha ⁻¹	7806		106.7	6.67	13.3
Taxa de crescimento Individual (cm)	0.03±		0.05±0.09	-	0.06±
σ	0.69		1	-	1
γ	-		-	-	-
Brotos 1B	-		-	-	-
Fecundidade	-		-	-	8.5

C)

Classes de Tamanho	Pl		1B	Im	Ad
N° de Plantas ha ⁻¹	5493		106.7	-	13.3
Taxa de crescimento Individual (cm)	0.04±		0.24±0.46	-	1.16±
σ	0.72		0.69	-	1
γ	-		-	-	-
Brotos 1B	-		-	-	-
Fecundidade	-		-	-	1

Tabela 4- Tabela de vida para uma população de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. amostradas em um área de cerrado sensu-stricto da Universidade Federal de São Carlos (SP). A) Tabela de vida para o intervalo 1; B) Tabela de vida para o intervalo 2 e C) Tabela de vida para o intervalo 3. Onde: Pl representa a classe das plântulas; J1 Jovens 1; J2 Jovens 2; Im adultos não reprodutivos e Ad adultos reprodutivos; 1b indivíduos originados através de rebrotas; Taxa de crescimento individual (cm) é a taxa de crescimento médio em diâmetro (cm); σ é a taxa de sobrevivência; γ é a taxa de transição; Brotos 1b é o valor da taxa de reprodução assexuada da classe 1b; Brotos 2B é o valor da taxa de reprodução assexuada da classe 2B.

A)

Classes de Tamanho	Pl	J 1	J 2	Im	Ad
N° Plantas ha ⁻¹	426.7	233.3	86.7	46.7	213.4
Taxa de cresc. Indiv. (cm)	0.1±	0.28±	0.38±	0.31±	0.29±
σ	0.84	0.4	0.31	0.57	0.81
γ	0.02	0.36	0.25	0.5	-
Brotos 1B	0.51	2.22	4.61	0.71	1.37
Brotos 2B	-	0.37	0.46	0.29	0.47
Fecundidade	-	-	-	-	9.69

B)

Classes de Tamanho	Pl	1B	J 1	2B	J 2	3B	Im	4B	Ad	5B
N° Plantas ha ⁻¹	2033	1700	133.3	1733	60	13.4	20	-	186.7	-
Taxa de cresc. Indiv. (cm)	0.20±	0.25±	0.54±	0.70±	0.77±	0.74±	1.83±	3.35	0.75±	-
σ	0.67	0.46	0.75	0.88	0.78	1.00	1.00	-	1.00	-
γ	0.12	0.25	0.40	0.52	0.57	0.5	0.67	-	-	-
Brotos 1B	0.05	-	0.07	-	-	-	-	-	-	-
Brotos 2B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fecundidade	-	-	-	-	-	-	-	-	3.54	-

C)

Classes de Tamanho	Pl	1B	J 1	2B	J 2	3B	Im	4B	Ad	5B
N° Plantas ha ⁻¹	1800	646.7	280	280	60	93.3	40	6.7	200	-
Taxa de cresc. Indiv. (cm)	0.47±	0.36±	0.52±	0.67±	0.48±	1.24±	0.80±	2.49	0.72±	5.12±
σ	0.79	0.46	0.98	0.98	0.89	0.86	1	1	1	-
γ	0.10	0.37	0.39	0.02	0.5	0.17	0.67	1	-	-
Brotos 1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brotos 2B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fecundidade	-	-	-	-	-	-	-	-	1.77	-

Tabela 5- Taxas de Crescimento Populacional de Algumas Espécies em áreas de Cerrado.

Espécies	λ	Tipo de Vegetação	Referência
<i>Anadenanthera falcata</i>	0.99	Cerrado <i>sensu-stricto</i>	Este Trabalho
<i>Dalbergia miscolobium</i>	1.00	Cerrado <i>sensu-stricto</i>	Este Trabalho
<i>Xylopia aromatica</i>	1.05	Cerrado <i>sensu-stricto</i>	Este Trabalho
<i>Roupala Montana</i>	0.96	Cerrado <i>sensu-stricto</i>	Virillo 2006
<i>Xylopia aromatica</i>	0.86/0.94*	Cerrado <i>sensu-stricto</i>	Virillo 2006
<i>Miconia albicans</i>	0.84/1.16**	Cerrado não específica	Hoffmann 1999
<i>Myrsine guianensis</i>	0.87/1.09**	Cerrado não específica	Hoffmann 1999
<i>Periandra mediterranea</i>	0.91/1.07**	Cerrado não específica	Hoffmann 1999
<i>Roupala Montana</i>	0.84/1.03**	Cerrado não específica	Hoffmann 1999
<i>Rourea induta</i>	0.98/0.98**	Cerrado não específica	Hoffmann 1999

* Este estudo foi feito em populações de 2 áreas diferentes.

** O 1° valor refere-se a projeção feita em áreas queimadas anualmente e o 2° refere-se a projeção feita em áreas queimadas em intervalos aleatórios.

Tabela 6- Matriz de transição para populações de *Anadenanthera falcata* em área de cerrado Os valores médios correspondentes de λ é dado pela matriz. Todos os elementos ausentes têm valor igual a zero.

Estádio no tempo t +1	Estádio no tempo t						
	Plântulas	Rebr	Jovem 1	Joven 2	Jovem 3	Imaturo	Adulto
$\lambda = 0.999$							
Plântula	0.612			2.16	2.16	2.16	2.16
Rebrotas	0.13	0.533					
Jovem 1							
Jovem 2				0.857			
Jovem 3					0.978		
Imaturo					0.22	0.75	
Adulto						0.25	1

Tabela 7- Matriz de transição para populações de *Dalbergia miscolobium* em área de cerrado Os valores médios correspondentes de λ é dado pela matriz. Todos os elementos ausentes têm valor igual a zero.

<i>Estádio no tempo t +1</i>	Estádio no tempo t			
	Plântulas	Rebrotas	Imaturo	Adulto
$\lambda = 1$				
Plântula	0.7			194.6
Rebrotas	0.008	0.84		
Imaturo			0.33	
Adulto				1

Tabela 8- Matriz de transição para populações de *Xylopia aromatica* em área de cerrado Os valores médios correspondentes de λ é dado pela matriz. Todos os elementos ausentes têm valor igual a zero.

Estádio no tempo t +1	Estádio no tempo t								
	Plânt.	Reb 1	Jov 1	Reb 2	Jov 2	Reb 3	Im	Reb 4	Adul
$\lambda = 1.05$									
Plânt	0.649								4.81
Reb 1	0.05	0.347	0.08		1.9		0.31		0.49
Jov 1	0.89		0.443						
Reb 2		0.109	0.13	0.588	0.19		0.12		0.17
Jov 2			0.278		0.323				
Reb 3				0.343		0.832			
Imat					0.29		0.5		
Reb 4						0.043		0.9	
Adul							0.313		0.933
Reb 5								0.1	

Dinâmica populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart.(Annonaceae) em uma savana neotropical sujeita a fogo

Resumo

Na savana brasileira o fogo é um distúrbio comum e o modo como a vegetação do cerrado é afetada pelo fogo depende das características de cada espécie. Diante da complexidade de efeitos e da variação na frequência e intensidade do fogo, torna-se difícil prever o efeito do fogo na população. Tendo em vista que *Xylopia aromatica* possui a capacidade de rebrotar e, que a reprodução assexuada parece ser importante para a persistência da maioria das espécies arbóreas do cerrado, espera-se que este tipo de reprodução possua uma maior contribuição para a taxa de crescimento populacional de *Xylopia aromatica*. Para testar essa hipótese buscamos identificar a contribuição da reprodução assexuada e sexuada para a dinâmica populacional desta espécie. Os indivíduos de origem sexuada e assexuada foram divididos em classes de tamanho e em seguida foi calculado a taxa de crescimento populacional. A espécie *X. aromatica* apresentou uma média de 1470 plântulas e 846 rebrotas por hectare, o número médio de plantas dos indivíduos originados por reprodução sexuada e assexuada reduziu drasticamente entre as classes de tamanho posteriores. A taxa de crescimento populacional foi de 1.046 e o valor que mais contribuiu para esta taxa foi a sobrevivência de adultos com 48.5 %. Para a espécie *X. aromatica*, tanto a reprodução vegetativa como a sexuada parecem ter sido favorecidos pela ocorrência de incêndio e apesar da grande quantidade de brotos produzidos, menos da metade desses brotos sobreviveram. Considerando a contribuição da sobrevivência dos indivíduos adultos para o crescimento populacional e a reduzida participação dos indivíduos de origem assexuada, concluí-se que a reprodução sexuada seja o principal mecanismo responsável pelo estabelecimento e pela taxa de crescimento dessa espécie.

Palavras chaves: Classes de tamanho, dinâmica, modelo matricial, *Xylopia aromatica*, savana brasileira.

Introdução

Na savana brasileira o fogo é um distúrbio comum e apresenta grande variação, e em alguns casos é suficientemente severo para afetar os parâmetros populacionais (HOFFMANN & MOREIRA, 2002). O modo como a vegetação do cerrado é afetada pelo fogo depende das características de cada espécie (MIRANDA *et al.*, 2002). Os indivíduos menores são mais afetados e apresenta as maiores taxas de mortalidade devido ao fogo (SATO & MIRANDA, 1996). Por outro lado, os indivíduos que não são mortos pelo fogo, podem ter seus galhos e ramos destruídos, o que acaba levando a redução do seu tamanho (HOFFMANN & MOREIRA, 2002). Além disso, o fogo pode destruir as gemas aéreas de alguns indivíduos e assim estimular a produção de rebrotas (COUTINHO, 1982). Como as rebrotas apresentam um crescimento mais rápido em relação às plântulas (BOND & MIDGLEY, 2001), nesse caso a ação do fogo acaba favorecendo a reprodução assexuada (SILVA *et al.*, 2008; HOFFMANN, 1999).

A ação do fogo também pode provocar sincronismo dos eventos reprodutivos, aumentando a quantidade de sementes produzidas, saciando os predadores e, conseqüentemente, favorecendo a reprodução sexuada ao garantir a germinação e a sobrevivência de outras sementes (COUTINHO, 1977). Esse favorecimento pode ocorrer também devido à eliminação das barreiras físicas facilitando a dispersão das sementes (COUTINHO, 1977) e através do aumento da quantidade de nutrientes disponibilizado no solo, o que beneficiaria o estabelecimento das plântulas (PIVELLO & COUTINHO, 1992).

Diante dessa complexidade de efeitos, além da sensibilidade de cada espécie ao fogo e da variação na frequência e intensidade do fogo, torna-se difícil prever o efeito do fogo na população (HOFFMANN, 1999). Porém, o uso de modelos matriciais tem

sido útil para prever as respostas populacionais frente a distúrbios (HOFFMANN, 1999), em estudos de dinâmica populacional (CASWELL, 1989) e na elaboração de planos de manejo (SILVERTOWN, 1996; GUEDJE *et al.*, 2003). Os modelos matriciais fornecem a projeção da taxa de crescimento populacional caso as condições se mantenham as mesmas (BRUNA, 2003). Porém, muitas vezes se está interessado em identificar quais são os parâmetros mais importantes para o ciclo de vida e, conseqüentemente, quais as suas contribuições para crescimento populacional (λ) (GUEDJE *et al.*, 2003). Através da análise de elasticidade é possível identificar qual é a contribuição proporcional de cada parâmetro para o crescimento populacional (DE KROON *et al.*, 1986; CASWELL, 1989).

A espécie *Xylopia aromatica* possui a capacidade de produzir rebrotas após a ocorrência de geadas (GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006) e provavelmente, o mesmo deve acontecer em relação a incêndios. Como em áreas freqüentemente queimadas, a reprodução assexuada parece ser importante para a persistência da maioria das espécies arbóreas do cerrado (HOFFMANN, 1999), supõe-se, a priori, que a reprodução assexuada possua uma maior contribuição para a taxa de crescimento populacional. Para testar essa hipótese buscamos identificar a contribuição da reprodução assexuada e sexuada para a dinâmica populacional desta espécie.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma área de cerrado da Universidade Federal de São Carlos (21° 58' e 22° 00' S e 47° 51' e 47° 52' L). A reserva possui em torno de 124,8 ha e altitude variando de 815m a 895m (LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2005). O solo é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LABORATÓRIO DE

ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2005). O clima da região é definido como temperado quente com inverno seco (KÖPPEN, 1948), que vai de abril até setembro e o período chuvoso de outubro a março. A temperatura média anual varia de 20,8 a 21,7⁰ C e a precipitação anual entre 1.138 a 1.593 mm (VALENTI *et al.*, 2008). A fisionomia é definida como cerrado *sensu-stricto* de acordo com a classificação de Coutinho (1978). A área ficou protegida do fogo durante um período de 6 anos, porém, em agosto de 2006 um incêndio de origem antrópica atingiu a área (SILVA *et al.* 2008). Esse incêndio afetou a copa de inúmeras árvores e ocasionou a morte de alguns indivíduos adultos (SILVA *et al.*, 2008).

A espécie estudada, *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae), é uma planta arbórea de pequeno porte, com tronco ereto (DURIGAN *et al.*, 2004), floresce e frutifica durante o ano inteiro (MIRANDA MELO *et al.*, 2007), possui a capacidade de originar rebrotas através órgãos subterrâneos (GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006). É uma espécie pioneira (ALMEIDA *et al.*, 1998, LORENZI 2002) e apesar de ser mais comum no cerrado *sensu stricto*, *sensu* Coutinho 1978, ela também pode ser encontrada no cerradão, *sensu* Coutinho 1978 (MIRANDA MELO *et al.*, 2007). Além disso, possui ampla ocorrência em áreas perturbadas (ALMEIDA *et al.*, 1998).

A amostragem foi realizada em 60 parcelas de 25 m², sendo que todos os indivíduos da espécie selecionada foram identificados e tiveram o diâmetro do caule ao nível do solo e a altura total determinadas. O primeiro censo foi realizado imediatamente após o incêndio, entre setembro e outubro de 2006, o segundo, 6 meses após o incêndio (entre os meses de março a abril de 2007), o terceiro durante os meses de março a abril de 2008 e o último entre março e abril de 2009. Neste estudo foram

considerados como indivíduos todos os caules, independente se fossem genetas ou rametas (brotos).

A espécie foi dividida em classes de tamanho, levando em consideração características ontogenéticas e medidas de diâmetro. A espécie *X. aromatica* foi dividida em 10 classes com intervalos de 1 cm de diâmetro, sendo 5 classes para rebrotas. Na primeira classe (plântulas) foram incluídos os indivíduos que apresentavam folhas alternas (figura 1). Consideramos rebrotas os indivíduos que estavam muito próximos de outros indivíduos e que se movimentavam quando os troncos mortos ou vivos eram balançados (figura 2).



Figura 1: Plântula de *X. aromatica*



Figura 2: Rebrotas de *X. aromatica*

As taxas de sobrevivência das plantas originadas por reprodução sexuada (σ) e assexuada (σ_b) em cada classe de tamanho para cada intervalo foram calculadas a partir número de plantas que sobreviveram durante aquele intervalo dividido pelo número de plantas vivas no censo anterior. As taxas de transição dos indivíduos oriundos de reprodução sexuada (γ) e assexuada (γ_b) de uma classe para a classe seguinte foram obtidas considerando o número de plantas que cresceram para a classe seguinte dividida pelo número de plantas que sobreviveram na classe durante o período. A fecundidade

(F) foi calculada dividindo-se o número de novas plântulas durante o intervalo pelo número de adultos observados no censo anterior e também calculamos a taxa de rebrotas (B) para indivíduos oriundos de reprodução assexuada, dividindo o número de rebrotas surgidas no intervalo pelo número de indivíduos das classes que originaram essas rebrotas.

A partir do cálculo das taxas médias de sobrevivência, transição, fecundidade e brotamento, foram calculadas. 1) a probabilidade de um indivíduo, originado por reprodução sexuada, sobreviver e permanecer no mesmo estágio (**P**), através da fórmula $P = \sigma \cdot (1 - \gamma)$; e 2) a probabilidade do indivíduo originado por reprodução assexuada sobreviver e permanecer no mesmo estágio (**P_b**), através da fórmula $P_b = \sigma_b \cdot (1 - \gamma_b)$; 3) a probabilidade do indivíduo originado por reprodução sexuada, sobreviver e passar para a classe seguinte (**G**), através da fórmula $G = \sigma \cdot \gamma$ e 4) a probabilidade do indivíduo, originado por reprodução assexuada, sobreviver e passar para o estágio seguinte (**G_b**), através da fórmula $G_b = \sigma_b \cdot \gamma_b$.

Estes valores e as médias das taxas de fecundidade (F) e brotamento (B) foram, então, incluídos no modelo matricial de Lefkovitch (WATKINSON, 1997), utilizado para cálculo da taxa de crescimento populacional quando os indivíduos são agrupados em classes de tamanho (CASWELL, 1989; WATKINSON, 1997). Através da matriz de projeção calculamos a elasticidade (DE KROON *et al.*, 1986). As classes de tamanho, P, P_b, G, G_b, F e B foram usadas para construir o gráfico do ciclo de vida da espécie estudada.

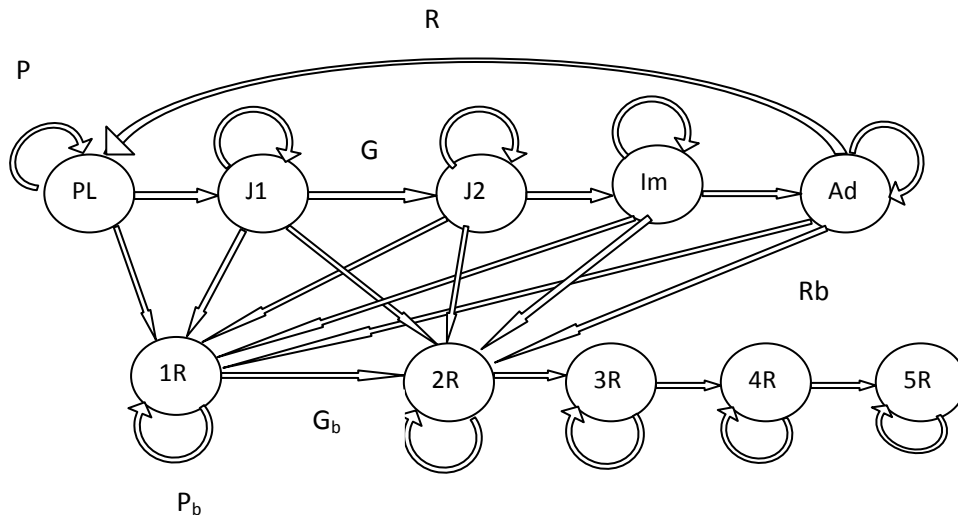


Figura 3- Gráfico do ciclo de vida de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. Onde P- representa a probabilidade de estase dos indivíduos de origem sexuada; P_b- representa a probabilidade de estase e dos indivíduos de origem vegetativa G- representa a probabilidade de crescimento dos indivíduos de origem sexuada; G_b- representa a probabilidade de crescimento dos indivíduos de origem vegetativa; R- representa a reprodução sexuada e R_b- representa a reprodução assexuada; PL= plântula; J1= jovem 1; J2= jovem 2; Im= imaturo; Ad= adulto; 1R= Rebrotas 1 e assim sucessivamente.

Resultados

A espécie *X. aromatica* apresentou uma média de 1470 plântulas por hectare (ha) e 846 rebrotas da classe 1R. O número médio de plantas por hectare dos indivíduos originados por reprodução sexuada e assexuada reduziu drasticamente entre as classes de tamanho posteriores, a exceção foi à classe de adultos com uma média de 200 indiv/ha⁻¹ (Tabela 1).

A menor taxa de sobrevivência entre todas as classes de tamanho foi a dos indivíduos da classe 1R na qual apenas 46% dos indivíduos sobreviveram. Os indivíduos de origem assexuada das classes 2R, 3R e 4R apresentaram taxas de sobrevivência maiores do que as classes de origem sexuada correspondentes. Por outro lado, os indivíduos adultos tiveram uma sobrevivência de 93%, mas não foi possível comparar com a taxa da classe 5R, uma vez que estes só apareceram no último censo (Tabela 1).

Em relação à taxa de transição, ela foi maior para os indivíduos de origem sexuada se comparados com as classes de rebrotas correspondentes, a exceção foi a classe 1R que apresentou uma taxa de transição maior do que as plântulas (Tabela 1).

A taxa de crescimento populacional foi de 1.046 e o valor que mais contribuiu para esta taxa foi a sobrevivência de adultos com 48.5%, seguido pela sobrevivência das plântulas com cerca de 10% e, por fim o crescimento de plântulas para jovem 1, jovem 1 para jovem 2, jovem 2 para imaturo, que contribuíram com 5,9% cada. Por outro lado, os valores dos indivíduos originados por reprodução assexuada não chegaram a contribuir com 1% da elasticidade total (Tabela 2).

Discussão

A grande quantidade de plântulas e rebrotas da classe 1R devem ter sido geradas por estímulo do fogo na reprodução. Uma vez que o fogo pode estimular a reprodução assexuada em algumas espécies (HOFFMANN, 1999; SILVA *et al.*, 2008) e sexuada em outras (COUTINHO, 1977). No caso de *X. aromatica*, os dois tipos de reprodução parecem ter sido favorecidos pela ocorrência de incêndio. Em relação ao elevado número de adultos, eles não devem ter sido afetados pelo fogo por possuírem um porte elevado, pois o tamanho é determinante para a sobrevivência e estabelecimento (SATO & MIRANDA, 1996). Provavelmente, por não terem atingido altura suficiente para escaparem do fogo é que foram amostrados menores números de plantas das outras classes de tamanho.

Apesar da grande quantidade de brotos produzidos da classe 1R, menos da metade desses brotos sobreviveram. A presença de vários brotos e a elevada competição por recursos podem limitar o crescimento (MIDGLEY, 1996). Algumas dessas rebrotas podem ser melhores competidoras e acabam consumindo mais recursos, assim, alguns

troncos acabam se desenvolvendo mais que os outros. O maior consumo de recursos por parte de algumas rebrotas pode limitar a quantidade de recursos disponíveis (MIDGLEY, 1996), o que poderia levar a morte das outras. Nesse caso, com a morte dessas rebrotas, a competição por recursos seria menor, justificando o aumento da sobrevivência nas classes superiores de rebrotas.

Segundo Midley (1996) os indivíduos originados por reprodução sexuada devem apresentar taxas de crescimento maiores do que as rebrotas, já que não devem investir em reservas subterrâneas. Esse evento se confirmou entre as maiores classes de tamanho, porém, entre as rebrotas da classe 1R essa tendência não foi confirmada. A existência prévia de reservas e a alocação diferencial poderiam possibilitar um maior desenvolvimento dos brotos em comparação com as plântulas, resultando nessas diferenças.

A taxa de crescimento populacional de 1,046 foi superior aos valores 0,857, 0,888 e 0,943 encontradas para essa mesma espécie em 3 áreas distintas, sem a ocorrência de incêndios, em uma área semelhante (VIRILLO, 2006). Nesse caso, Virillo (2006), encontrou uma maior contribuição da sobrevivência das classes intermediárias para a taxa de crescimento populacional, o que corresponderia aos indivíduos adultos. Assim, independente da área e da presença do fogo, a sobrevivência de adultos parece ser o parâmetro que mais contribui para o crescimento populacional dessa espécie.

Apesar de pequena, a sobrevivência e o crescimento das plântulas também contribuíram para a taxa de crescimento populacional. Por outro lado, era esperado um valor elevado da contribuição da reprodução devido ao favorecimento da reprodução assexuada (HOFFMANN, 1999), o que, neste caso não foi verificado uma vez que a reprodução contribuiu pouco para a taxa de crescimento populacional. A sobrevivência

e o crescimento dos indivíduos de origem assexuada pouco contribuíram para a taxa de crescimento populacional.

Assim, considerando a contribuição da sobrevivência dos indivíduos adultos para o crescimento populacional e a reduzida participação dos indivíduos de origem assexuada, concluí-se que a reprodução assexuada seja apenas uma tentativa de resistir ao fogo, enquanto que a reprodução sexuada seja o principal mecanismo responsável pelo estabelecimento e pela taxa de crescimento dessa espécie. O fogo, apesar de afetar negativamente a sobrevivência dos indivíduos de todas as classes de tamanho, estimulou a reprodução tanto sexuada como assexuada, o que aparentemente mantém esta população em equilíbrio nesta área.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M. RIBEIRO. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina. EMBRAPA-CPAC. p. 464. (1998).

BOND, W.J.; MIDLEY, J.J. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 45-51. (2001).

BRUNA, E.M. Are plant populations in fragmented habitats recruitment limited? Tests with an Amazonian herb. *Ecology* 84: 932-947. (2003).

CASWELL, H. Matrix populations models. Sinauer associates, inc Publisher sunderland, Massachusetts. (1989).

COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado II- As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 5: 57-63. (1977).

COUTINHO, L.M. O Conceito do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 17-23. (1978).

COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado III- A precipitação atmosférica de nutrientes minerais. *Revista Brasileira de Botânica* 2: 97-101. (1979).

COUTINHO, L.M. Ecological effects of fire in brazilian cerrado. In: HUNTLEY B.J. & WALKER, B.H. Ecology of tropical savannas. Spring Verlag, Berlin, pp. 273-291. (1982).

DE KROON, H.; PLAISER, A.; VAN GROENENDAEL, J.; CASWELL, H. Elasticity: the relative contribution of demographic parametersto population growth rate. *Ecology* 67: 1427-1431. (1986).

DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. Plantas do Cerrado Paulista: Imagem de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica Ltda. (2004).

GUEDJE, N.M.; LEJOLY, J.; NKONGMENECK, B.A.; JONKERS, W.B.J.; Population dynamics of *Garcinia lucida* (Clusiaceae) in Cameroonian Atlantic forests. *Forest Ecology and Management* 177: 231-241. (2003).

GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. Life in the cerrado: a South American tropical seasonal vegetation. Vol. 1. Origin, structure, dynamics and plant use. Ulm: Reta Verlag, p. 277. (2006).

HOFFMANN, W.A. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: Matrix models. *Ecology* 80: 1354-1369. (1999).

HOFFMANN, W.A.; MOREIRA, A.G. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: Oliveira PS, Marquis RJ (ed) *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York, Columbia University Press, p. 159-177. (2002).

KÖPPEN, W. *Climatología*. Ciudad del México: Fondo de Cultura Económica, p. 466. (1948).

LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. Disponível em: <www.lapa.ufscar.br>. Acesso em: 15 nov. 2005.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4rd. ed. Plantarum, Nova Odessa. (2002).

MIDGLEY, J.J.; Why the world's vegetation is not totally dominated by resprouting plants; because resprouters are shorter than seeders. *Ecography* 19: 92-95.(1996).

MIRANDA, H.S.; BUSTAMANTE, M.C.; MIRANDA, A.C. The fire factor. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (ed) *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press, p. 51-68. (2002).

MIRANDA MELO, A.A.; MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e de *Roupala montana* Aubl. em fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 501-507. (2007).

PIVELLO, V.R.; COUTINHO, L.M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian Savanna). *Jornal of Tropical Ecology* 8: 487-497. (1992).

SATO, M.N.; MIRANDA, H.S. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado sensu-stricto submetido a diferentes regimes de queima. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (ed) *Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga*. Brasília. pp 102-111. (1996).

SILVA, I.A.; VALENTI, M.W. SILVA-MATOS, D.M. Fire effects on the population structure of *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) in a Brazilian savanna. *Brazilian Journal of Biology* 69: 813-818. (2008).

SILVERTOWN, J.; FRANCO, M.; MENGES, E. Interpretation of elasticity matrices

as an aid to the management of plant populations for conservation. *Conservation Biology* 10: 591-597. (1996).

VALENTI, M.W.; CIANCIARUSO, M.V.; BATALHA, M.A. Seasonality of litterfall and leaf decomposition in a cerrado site. *Brazilian journal of Biology* 68: 459-465. (2008).

VIRILLO, C.B. Dinâmica e Estrutura de Populações de Cinco Espécies Lenhosas que Ocorrem no Cerrado De Itirapina, SP. Data da defesa. Dissertação (Mestrado em Ecologia)- Instituto de biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. (2006).

WATKINSON, A.R. Plant populations dynamics. In: Crawley MJ (ed.) *Plant Ecology*. Oxford: Blakwell Science. p. 359-400.(1997).

Anexo:

Tabela 1- Tabela de vida média para uma população de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. Amostrada bem uma área de cerrado sensu-stricto da Universidade Federal de São Carlos (SP). Onde: Pl representa a classe das plântulas; J1 Jovens 1; J2 Jovens 2; Im adultos não reprodutivos e Ad adultos reprodutivos; 1b indivíduos originados através de rebrotas; Taxa de crescimento individual (cm) é a taxa de crescimento médio em diâmetro (cm); σ é a taxa de sobrevivência; γ é a taxa de transição; Brotos 1b é o valor da taxa de reprodução assexuada da classe 1b; Brotos 2B é o valor da taxa de reprodução assexuada da classe 2B.

Classes de Tamanho	PL	1B	J1	2B	J2	3B	Im	4B	Ad	5B
Nº Plantas ha ⁻¹	1472	846.7	240.0	222.2	86.7	95.6	36.7	22.22	206.7	6.67
Tx.sobrev. (σ)	0.74	0.46	0.72	0.94	0.61	0.87	0.81	1	0.93	
Tx.transição (γ)	0.12	0.23	0.39	0.36	0.15	0.05	0.18	0.1		
Rebrotas Cl. 1R	0.05		0.8		1.9		0.31		0.49	
Rebrotas Cl. 2R			0.13		0.19		0.12		0.17	
Fecundidade									4.81	

Tabela 2- Matriz de elasticidade para populações de *Xylopia aromatica* em área de cerrado Os valores médios correspondentes de λ é dado pela matriz. Todos os elementos ausentes têm valor igual a zero.

Estádio no tempo t +1	Estádio no tempo t								
	Plânt.	Reb 1	Jov 1	Reb 2	Jov 2	Reb 3	Im	Reb 4	Adul
$\lambda=1.046$									
Plânt	0.096								0.059
Reb 1	1.2E-20	3.9 E-20	2.8 E-20		3.0 E-20		1.9E-21		7.3E-21
Jov 1	0.059		0.043						
Reb 2		6.2E-20	2.3E-20	1.5E-19	1.5E-20		3.9E-21		1.3E-20
Jov 2			0.059		0.026				
Reb 3				8.0E-20		3.1E-19			
Imat					0.059		0.054		
Reb 4						2.5E-20		1.6E-19	
Adul							0.059		0.485

Conclusão geral

As três espécies estudadas apresentaram um aumento do número de indivíduos devido à grande quantidade de plântulas e de rebrotas originadas, que pode ter ocorrido devido ao favorecimento pelo fogo.

De um modo geral as três espécies apresentaram as maiores taxas de sobrevivência entre os indivíduos das maiores classes de tamanho, uma vez que o tamanho é determinante para a sobrevivência e conseqüentemente para tolerar a ação do fogo. Para as menores classes de tamanho, a taxa de sobrevivência variou entre as espécies e entre plântulas e rebrotas.

Em relação às baixas taxas de transições, elas podem ter ocorrido devido a existência de um compromisso fisiológico (trade-off), onde as espécies que rebrotam investiriam em crescimento subterrâneo e as que produzem sementes em crescimento aéreo. Logo, como a maiorias das espécies do cerrado possuem a capacidade de rebrotar, as baixas taxas de transição poderiam ser conseqüência do maior investimento em produção de raiz.

As taxas de crescimento populacional encontradas para as três espécies estudadas demonstram que, apesar do impacto sofrido, essas populações mantiveram a taxa de crescimento populacional próximos a 1, indicando que as três espécies estudadas parecem ser resilientes ao fogo.

Em relação a espécie *Xylopia aromatica*, a transição que mais contribuiu para a taxa de crescimento populacional foi a sobrevivência de adultos. Sendo que tanto a sobrevivência e o crescimento dos indivíduos de origem assexuada como a reprodução assexuada, pouco contribuíram para a taxa de crescimento populacional. Logo, podemos

concluir que a sobrevivência dos adultos é o parâmetro mais importante para o crescimento populacional desta espécie.