

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

ECOLOGIA DE BANDOS MISTOS DE AVES NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ITIRAPINA,
ESTADO DE SÃO PAULO

MATHEUS GONÇALVES DOS REIS

SÃO CARLOS, SP
2011

**ECOLOGIA DE BANDOS MISTOS DE AVES NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ITIRAPINA,
ESTADO DE SÃO PAULO**

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

ECOLOGIA DE BANDOS MISTOS DE AVES NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ITIRAPINA,
ESTADO DE SÃO PAULO

MATHEUS GONÇALVES DOS REIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

ORIENTAÇÃO: PROF.DR. MANOEL MARTINS DIAS FILHO

SÃO CARLOS, SP
2011

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

R375eb

Reis, Matheus Gonçalves dos.

Ecologia de bandos mistos de aves na Estação Ecológica de Itirapina, estado de São Paulo / Matheus Gonçalves dos Reis. -- São Carlos : UFSCar, 2011.

118 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Ave. 2. Avifauna. 3. Ave - comportamento. 4. Cerrado. 5. Bandos mistos. I. Título.

CDD: 598 (20^a)

Matheus Gonçalves dos Reis

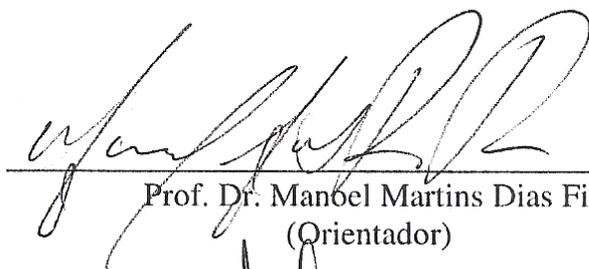
**ECOLOGIA DE BANDOS MISTOS DE AVES NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE
ITIRAPINA, ESTADO DE SÃO PAULO**

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 07 de fevereiro de 2011

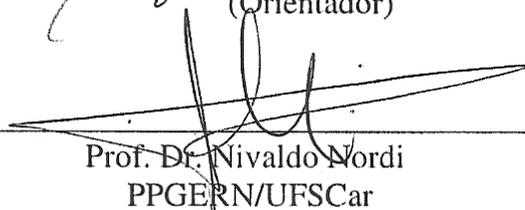
BANCA EXAMINADORA

Presidente



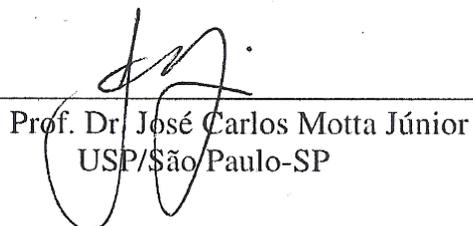
Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho
(Orientador)

1º Examinador



Prof. Dr. Nivaldo Nordi
PPGERN/UFSCar

2º Examinador



Prof. Dr. José Carlos Motta Júnior
USP/São Paulo-SP

Dedico este trabalho aos
Dinossauros, à Natureza
e ao processo Evolutivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à Natureza por oferecer simplesmente tudo para o desenvolvimento do meu trabalho com amor.

À toda minha família que tanto amo, à minha companheira Carol Fieker, e a todos que estão presentes em minha vida.

Agradeço ao meu orientador Manoel Martins Dias Filho pelo apoio e orientação.

A todos os amigos de passarinhologia: Marina Telles, Mieko Kanegae, Augusto Florisvaldo Batisteli, Bariri, Danilão J.Thomaz, Diogo, Flora, e vários outros!

À Michelle que sempre esteve comigo em campo desbravando ambientes inóspitos e possibilitando ir onde inúmeros pesquisadores jamais estiveram...

Aos professores Nivaldo Nordi, José Carlos Motta-Junior, Odete Rocha e Angélica Dias pelas valiosas sugestões.

Agradecimentos especiais ao Paulo H.P. Ruffino, à D.Isabel, e a todos que trabalham na Fazendinha (Estações Ecológica e Experimental de Itirapina).

Agradeço ao Instituto Florestal de São Paulo e ao Ministério do Meio Ambiente. Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais e às pessoas que o integram. Ao CNPq pela bolsa de Mestrado. À UFSCar pela minha formação.

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| Introdução geral | 1 |
| Vida em grupo: os bandos mistos de aves..... | 1 |
| O Cerrado e a Estação Ecológica de Itirapina..... | 6 |
| Objetivos | 13 |
| Referências bibliográficas | 14 |
| Capítulo 1. Bandos mistos de aves em três fisionomias abertas do Cerrado | 25 |
| Resumo | 26 |
| Abstract | 28 |
| Introdução..... | 30 |
| Material e métodos..... | 33 |
| Resultados..... | 39 |
| Discussão..... | 48 |
| Considerações finais..... | 63 |
| Referências bibliográficas | 65 |
| Capítulo 2. Influência do fogo em bandos mistos de aves em um “campo sujo” | 73 |
| Resumo | 74 |
| Abstract | 75 |
| Introdução..... | 76 |
| Material e métodos..... | 80 |
| Resultados..... | 86 |
| Discussão..... | 94 |
| Considerações finais..... | 101 |
| Referências bibliográficas | 96 |
| Anexos | 109 |
| Anexo .1 | 110 |
| Anexo .2 | 112 |

Introdução Geral

Vida em grupo: os bandos mistos de aves

Virtualmente todos os animais podem ser encontrados em pares ou em grupos por pelo menos uma parte de suas vidas, sendo que para algumas espécies a socialidade proporcionada pela vida em grupo desempenha um papel fundamental desde o nascimento até a morte (Manning & Dawkins 1995). Os comportamentos característicos da socialidade podem emergir quando dois ou mais indivíduos estão próximos, tanto no espaço quanto no tempo, sendo ou não da mesma espécie (Weiher & Keddy 1999). Contudo, ao considerarmos os vertebrados superiores, em especial as aves, tais comportamentos se manifestam como fenômenos dinâmicos que podem variar de acordo com as condições locais, bem como a disponibilidade e qualidade de recursos (Munn & Terborgh 1979, Powell 1979, Manning & Dawkins 1995).

Na natureza, os agrupamentos coesos tendem a ocorrer com maior frequência entre indivíduos da mesma espécie (Morse 1977, Stensland et al. 2003), como os cardumes de sardinha, um rebanho de capivaras, um bando de galinhas ou um grupo familiar de sagüis. Apesar de serem menos comuns, os grupos heteroespecíficos coesos se destacam na natureza como fenômenos complexos e únicos: são constituídos por indivíduos de duas ou mais espécies, sendo que cada espécie possui suas necessidades ecológicas e exibem tipos de organização social intraespecífica distintas entre si; além da própria organização social que emerge no contexto coletivo como característica do grupo (Greenberg

2000). A formação de grupos heteroespecíficos pode ser observada na forma de “escolas de peixes” comuns em recifes de corais (Lukoschek & McCormick 2000, Sazima et al. 2007); em mamíferos, como os rebanhos de ungulados (Stensland et al. 2003), grupos de cetáceos (Psarakos et al. 2003) e primatas (Gautier-Hion et al. 1983, Heymann & Buchanan-Smith 2000); e em aves, cujos agrupamentos são conhecidos por: bandos mistos, bandos de espécies mistas, ou bandos hetero-, multi-, ou poli- específicos (Greenberg 2000, Tubelis 2007).

Os comportamentos realizados pelos animais são considerados decisões tomadas individualmente (i.e. descansar, formar bando, se alimentar de um determinado inseto), e todas elas podem ser analisadas em termos de benefício ou custo energético (Krebs & Kacelnik 1991). Portanto, o que leva um indivíduo a ingressar em um bando são os benefícios que a vida em grupo pode trazer (Hamilton 1971, Alexander 1974). Os dois principais fatores que permitem a existência de bandos mistos de aves como um comportamento (ou estratégia evolutivamente estável, Axelrod & Hamilton 1981) presente em diversos ecossistemas ao redor do mundo são o aumento da eficiência de forrageio e a redução do risco de predação para os indivíduos que formam o grupo (Morse 1970, Powell 1985, Terborgh 1990, Alcock 2005).

Ambos os benefícios da formação de grupos são obtidos por vias diversificadas. A princípio, somente os efeitos da diluição e da confusão, proporcionados simplesmente pela proximidade espacial de vários indivíduos, reduzem a chance individual de ser predado (Hamilton 1971). Outro exemplo é o comportamento de sentinela exibido por algumas espécies, o qual consiste em indivíduos se posicionarem em locais que favorecem visão ampla do ambiente e

ficarem em estado de vigília contra possíveis predadores, emitindo vocalizações de alerta se necessário (Ragusa-Netto 2001, 2002). Outras espécies do bando são beneficiadas por este comportamento, pois têm o risco de predação diminuído na presença do sentinela (Thiollay 1999), e assim podem inclusive dedicar mais tempo ao forrageio (Terborgh 1990). É importante ressaltar que, para que esta situação ocorra, o sinal de alerta emitido deve necessariamente ser reconhecido pelos demais integrantes do grupo (Alcock 2005). Neste contexto de características sociais emergentes, outro exemplo é o comportamento de “mobbing” (ou tumulto), quando vários ou todos os membros do grupo enfrentam predadores em conjunto (Giraldeau 2008). Mesmo ataques individuais contra predadores resultam em benefício coletivo (Stensland 2003).

O aumento da eficiência de forrageio pode ser obtido não apenas como reflexo da redução do risco de predação, mas também por outras vias. Quando animais buscam seu alimento em grupo, cada indivíduo tem acesso às descobertas dos demais, e este compartilhamento de informação resulta no aumento da taxa individual de encontro de fontes pontuais de recursos (Stephens & Sutherland 1999, Giraldeau 2008). Em determinadas condições, esta situação favorece a “aversão ao risco”, ou seja, o indivíduo opta por uma fonte de alimento conhecida e já explorada sem danos por um integrante de seu grupo, o que reduz os riscos de adversidades e também o tempo de busca (Giraldeau 2008). Dessa forma, o compartilhamento de informações faz da vida em grupo uma alternativa mais “econômica” (Axelrod & Hamilton 1981). O efeito da presença de muitos indivíduos favorece a exploração visual do espaço em busca de comida aumentando a chance de encontrá-la (Alexander 1974). A movimentação em

grupo também contribui com o aumento da taxa de forrageio das espécies insetívoras devido ao “efeito batedor” ocasionado durante o deslocamento do bando, que faz com que artrópodes se revelem em meio à vegetação (Willis 1984, Poulsen 1996).

Alguns possíveis prejuízos durante a formação de grupos são a competição por recursos e a aquisição de parasitas, enquanto que grupos monoespecíficos sofrem inclusive com a exploração do cuidado parental, infanticídio e competição por parceiros sexuais (Alcock 2005). Quando surge a trapaça por parte de membros de um grupo, certos gastos energéticos (i.e. busca por alimento) tornam-se ainda mais desvantajosos quando realizados em conjunto (Hamilton 1971, Danchin et al. 2002). Todavia, tais desvantagens são incomuns em grupos coesos, ainda mais por serem estratégias não estáveis (Pullian et al. 1982), o que dificulta a produção de pesquisas detalhadas ou de longa duração sobre sua ocorrência na natureza (Fitzgibbon 1989, Danchin et al. 2002).

Em nenhum grupo de animais o evento da formação de bandos mistos é mais difundido e presente do que em Aves (Terborgh 1990, Greenberg 2000), podendo ser registrado em praticamente todos os continentes. Estudos ornitológicos focados neste tipo de interação interespecífica vêm sendo desenvolvidos há décadas principalmente nas florestas temperadas da América do Norte (Morse 1970, Morse 1977) e em florestas da região Neotropical (Powell 1985, Poulsen 1996, Develey 2001). Em outros continentes as florestas também foram alvo de muitos estudos, como na Europa (Suhonen 1993), África (Péron & Crochet 2009), Índia (Sridhar & Sankar 2008), sudeste Asiático (Lee et al. 2005) e Oceania (Bell 1983). Em menor escala, a formação de bandos em alguns

ambientes estruturalmente distintos das florestas também foram estudados, como nas savanas Africanas (Greig-Smith 1978), composição de bandos de aves nas savanas de pinheiros do Caribe, no nordeste da Nicarágua (Howell 1972), bandos mistos no deserto Mohave (Cody 1971), e por fim, os trabalhos desenvolvidos no Cerrado brasileiro (Alves & Cavalcanti 1996, Ragusa-Netto 2000, 2002, Tubelis 2006).

A participação em bandos mistos de aves, para algumas espécies, apenas não ocorre no momento da reprodução (Willis 1984, Poulsen 1996). Para outras, a frequência com que participa de bandos pode se alterar de acordo com os benefícios adquiridos, os quais estão sujeitos a variação no espaço e no tempo (Stotz 1993, Poulsen 1996). Os bandos mistos de aves costumam existir por todo o ano, contudo, diversos trabalhos relatam a maior participação de espécies durante o período de escassez de recursos (Powell 1979, Tubelis 2006). A importância deste evento não se dá apenas para os indivíduos que formam bandos. Em ambientes onde a presença de bandos mistos é muito comum e constante, os mesmos contribuem ativamente para a estruturação da assembléia de aves (Diamond 1981, Terborgh et al. 1990). Um dos exemplos mais marcantes da importância dos bandos mistos de aves é a possível contribuição dos mesmos para a grande diversidade de aves da região Amazônica (Powell 1989, Terborgh et al. 1990).

O Cerrado e a Estação Ecológica de Itirapina

O segundo maior domínio morfoclimático e fitogeográfico em extensão dos Neotrópicos (Scariot et al. 2005, Sigrist 2009) é também um dos 25 *hotspots* mundiais de diversidade, cuja necessidade de conservação é considerada prioritária (Myers et al. 2000). Apesar de ser a mais ameaçada e mais biodiversa savana do mundo (Klink & Machado 2005), ainda é escasso o conhecimento ecológico sobre boa parte de sua diversidade biológica (Stotz 1996, Silva & Santos 2005).

O Cerrado foi o segundo domínio brasileiro a ser ocupado de forma intensa e expansiva, e é o atual responsável pela maior expansão agrícola da história recente da América Latina (Ab'Sáber 2008). Estima-se que até 80% de sua cobertura de vegetação natural foi perdida (Myers et al. 2000). Previsões realizadas por Machado e colaboradores (2004) apontam que o Cerrado corre risco de desaparecer até o ano de 2030, caso seja mantido o atual modelo de exploração.

A manutenção da biodiversidade em muitas regiões depende da criação de áreas protegidas (Cavalcanti & Joly 2002). A definição de áreas prioritárias dentro de um bioma (aqui considerado como parte do domínio do Cerrado, segundo Coutinho 2006) deve ter como base as necessidades e urgências regionais tratadas de forma comparativa (Machado et al. 2004). A porção sul da distribuição do Cerrado é historicamente a mais afetada pela agricultura e pela urbanização, intensificadas no último século devido ao processo de industrialização e ao incremento tecnológico (Ab'Sáber 2008). Assim, essa região

é onde o Cerrado encontra-se mais alterado e a fragmentação é mais intensa (Cavalcanti & Joly 2002). No estado de São Paulo a situação do Cerrado é muito crítica: suas formações correspondiam originalmente a 14% do território, e hoje está restrita a pequenas manchas que ocupam cerca de 1% do território (Serra-Filho et al. 1997, Kronka et al. 1998).

A Estação Ecológica de Itirapina (EEI) foi criada e estabelecida como unidade de conservação integral em 1984 pelo governo do estado de São Paulo. Esta unidade se localiza nos municípios de Itirapina e Brotas (22°15'S; 47°49'W) a uma altitude de cerca de 700 m e possui uma área aproximada de 2.300 ha (Zanchetta et al. 2006). Possui o maior remanescente natural de áreas campestres de cerrado (aqui o termo diz respeito ao cerrado *sensu lato*, Coutinho 1978) protegido por lei, e um dos últimos de todo o estado de São Paulo (Serra-Filho et al. 1997). A EEI é a única reserva de cerrado do estado que foi categorizada como área de alta relevância para aves (*Important Bird Area* – IBA) devido ao número significativo de espécies endêmicas e ameaçadas (Bencke et al. 2006). Com reconhecido valor ecológico para a conservação de muitas outras espécies de vertebrados (i.e. mamíferos, répteis, anfíbios, São Paulo 2009), a EEI se configura como um dos mais importantes remanescentes de toda a porção sul do Cerrado (Motta-Junior et al. 2008).

O clima da região é mesotérmico (Cwa segundo a classificação de Köppen 1948), com estações seca e chuvosa bem definidas (Brasileiro et al. 2005, Zanchetta et al. 2006). As médias mensais da temperatura mínima e máxima equivalem a 17°C e 23,5°C e a média anual de precipitação é de 1.523 mm com duas estações bem definidas: a estação chuvosa de outubro a março

(1.258 mm), e a estação seca de abril a setembro (256 mm), de acordo com dados climáticos referentes ao período de 1980 e 2001 (Tannus & Assis 2004).

Segundo Silva (2005), a região onde está inserida a Estação Ecológica de Itirapina é formada por arenitos da Formação Botucatu e Pirambóia e basaltos da formação da Serra Geral e os solos predominantes na área são do tipo Neossolo Quartzarênico, Gleissolos e Organossolos. A ocorrência de formações abertas e campestres no Cerrado está relacionada à presença do primeiro tipo de solo (Filgueiras 2002).

A cobertura vegetal da Estação Ecológica de Itirapina caracteriza-se pela ocorrência de dois grandes grupos fitofisionômicos distintos: um relacionado com áreas de solo bem drenado, onde se encontram as fisionomias do cerrado *sensu lato*; e outro relacionado com solos úmidos ou situados nas áreas de influência da rede de drenagem, nos quais se encontra vegetação higrófila (Zanchetta et al. 2006).

As principais fitofisionomias que caracterizam o domínio do Cerrado, as quais fazem parte do grupo de fisionomias do gradiente “cerrado *sensu lato*” (Coutinho 1978), estão presentes na EEI, desde as mais abertas passando pelas savânicas até as mais florestais (Figura 1). O campo limpo, a formação vegetal mais aberta, está restrito a poucos fragmentos (ou manchas) na porção sudoeste da EEI e é caracterizado essencialmente pela presença exclusiva de estrato herbáceo com raríssimos indivíduos arbustivos (Zanchetta et al. 2006, Kanegae 2009). Já o campo sujo, que ocupa mais de 43% da área da EEI (aproximadamente 997,6 ha), é caracterizado pela presença de uma vegetação

herbáceo-arbustiva, com arbustos, subarbustos e alguns indivíduos arbóreos esparsos de pequeno porte (Ribeiro & Walter 1998, Tannus 2007, Zanchetta et al. 2006). Segundo Zanchetta et al. (2006), as formações vegetais mais abertas (o que inclui o campo úmido) são as fisionomias mais expressivas da EEI, ocupando cerca de 94% da área. Há mais de 20 anos que esta área representa um dos últimos remanescentes de campos naturais do estado de São Paulo (Gianotti 1988).

Nas formações consideradas como intermediárias tem-se o campo cerrado e o cerrado *sensu stricto*. O primeiro possui uma vegetação um pouco mais densa que o campo sujo, sendo que os indivíduos arbustivos deixam de estar tão esparsos, o estrato herbáceo ainda é abundante e o estrato arbóreo começa a se tornar expressivo, apresentando uma cobertura de árvores que varia de 5 a 20% e altura média de 3 a 6 metros. Apesar do aspecto savânico, por ser muito aberto, o campo cerrado é considerado uma fisionomia intermediária entre campo e savana arbustivo-arbórea (Filgueiras 2002). No cerrado *sensu stricto* o estrato arbóreo é predominante, com espécies de médio porte (de 6 a 14 m). No entanto, a distribuição dos indivíduos é descontínua e ainda há certa abundância de vegetação herbácea e arbustiva (Zanchetta et al. 2006, Kanegae 2009).

A fitofisionomia de cerrado mais florestal é o cerradão, apresentando um estrato arbóreo dominante (cobertura arbórea de 50-90%) com altura média variando de 8 a 15 m e a presença de gramíneas é rara, pois a entrada de luz é atenuada pelo dossel. O fragmento de cerradão é pequeno, com cerca de 9 ha, sendo a fisionomia mais rara na EEI. Está localizado na porção nordeste da unidade (Zanchetta et al. 2006, Kanegae 2009).

As áreas úmidas da EEI são representadas pelo campo úmido e as florestas ripárias. A primeira pode ser dividida em campo úmido limpo (com apenas estrato herbáceo), ou campo úmido sujo (com estrato herbáceo e arbustivo sobressalente). Neste tipo de fisionomia o solo pode permanecer encharcado o ano todo, e assim podem ser encontradas espécies características de lugares úmidos, como licopódios (Ribeiro & Walter 1998, Zanchetta et al. 2006, Kanegae 2009). As florestas ripárias (florestas galeria e paludosas) apresentam composição florística bastante distinta da vegetação do cerrado. A vegetação da mata galeria é perenifólia, com cobertura arbórea entre 70 a 95% e dossel com altura variando de 10 a 14 m. As florestas paludosas ocorrem de forma contígua às florestas de galeria, em sítios permanentemente alagados e possuem baixa diversidade florística (Rodrigues 1999, Zanchetta et al. 2006).

Além das áreas ocupadas por formações vegetais naturais, podemos citar a presença de um talhão *Pinus* sp. que ocupa uma área de aproximadamente 33 ha. Também existem áreas alteradas onde houve plantio e retirada de *Pinus* sp., as quais se encontram hoje em processo de regeneração natural (Zanchetta et al. 2006, Kanegae 2009).

Nota-se em todas as fisionomias a invasão por espécies exóticas dominantes como capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim gordura (*Melinis minutiflora*), *Pteridium* spp., *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. A braquiária é comum nas áreas marginais próximo às estradas e aceiros, enquanto o capim gordura pode ser visto invadindo inclusive áreas mais centrais das fitofisionomias da EEI (Zanchetta & Diniz 2006, Kanegae 2009, Levy 2009). O *Pinus* se expande

principalmente em áreas de solo encharcado, como campos úmidos (Tannus & Assis 2004, Zanchetta & Diniz 2006).

O fogo é um fator natural de alterações ambientais presente no cerrado, em especial nas fisionomias mais abertas (Hoffmann & Moreira 2002). Incêndios na EEI ocorrem tanto por causas naturais quanto na forma de impactos antrópicos de origem criminosa. A estrutura da vegetação pode ser modificada ao longo do tempo em vista da presença de incêndios, do regime de chuvas e saturação hídrica, da colonização por espécies (nativas e/ou exóticas) e da regeneração natural que ocorre após distúrbios (Durigan 2004). Apesar de estar sujeita a mudanças estruturais, em termos gerais os tipos de vegetação presentes na EEI mantiveram suas proporções ao considerarmos análises e descrições da área ao longo do tempo (Willis 2004, Zancheta et al. 2006, Tannus 2007, Kanegae 2009).

Confeccionamos um mapa que ilustra a distribuição dos tipos de vegetação na EEI, elaborado a partir de dados referentes ao período de janeiro de 2010 a janeiro de 2011 (Figura 1). Alterações mais recentes, provocadas por um incêndio ocorrido no final de janeiro de 2011, por exemplo, não constam neste mapa.

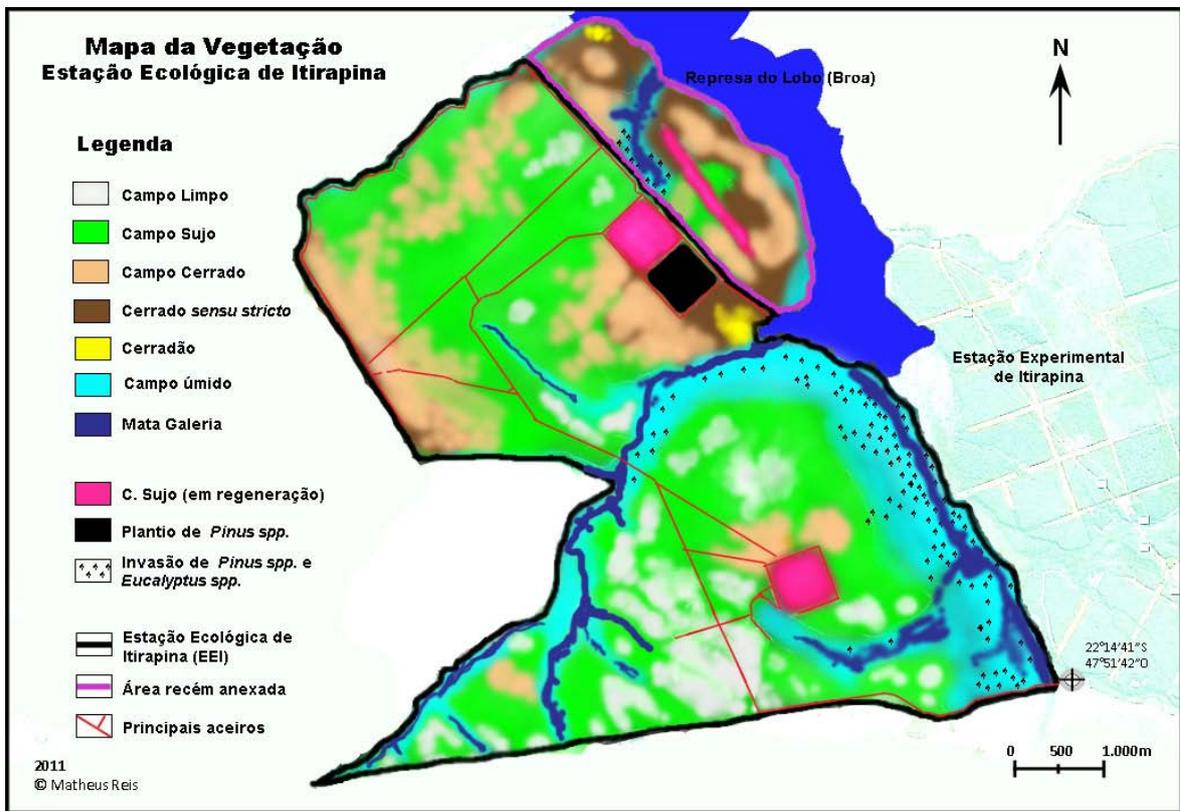


Figura 1. Mapa da distribuição das fisionomias vegetais na Estação Ecológica de Itirapina.

Objetivos

O presente trabalho, em sua totalidade, visa a caracterização dos bandos mistos de aves presentes em três fitofisionomias abertas da Estação Ecológica de Itirapina. Sob a perspectiva da ecologia, buscamos responder a algumas questões, as quais orientaram a composição deste trabalho em capítulos.

No primeiro capítulo, duas perguntas são centrais: existe diferença entre os bandos mistos de aves do campo limpo, campo sujo e campo cerrado? A sazonalidade (relacionada ao clima e à estação reprodutiva) influencia a formação de bandos? Como complemento, foi investigado em que medida cada espécie contribuiu com a caracterização dos bandos e a função desempenhada dentro deles.

O segundo capítulo lida com um evento ocorrido em meio a um trabalho já em andamento, o qual foi convenientemente utilizado como um tratamento (e adaptado para se tornar parte de um experimento natural, pois já existia grupo controle) no intuito de responder à seguinte questão: o fogo altera a estrutura dos bandos mistos de aves? Em que proporção as espécies são afetadas? Um incêndio em julho de 2009 na EEI possibilitou a coleta de dados em uma área onde parte do trabalho original estava sendo realizada.

Referências bibliográficas

- Ab'Sáber, A. 2008. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 5ª ed. São Paulo: Ateliê Editorial.
- Alcock, J. 2005. **Animal behavior: an evolutionary approach**. 8ª ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer.
- Alexander, R.D. 1974. The Evolution of Social Behavior. **Annual Review of Ecology & Systematics** 5:325-383.
- Alves, M.A.S. & Cavalcanti, R.B. 1996. Sentinel behavior, seasonality and structure of bird flocks in a Brazilian savanna. **Ornitologia Neotropical** 7:43-51.
- Axelrod, R. & Hamilton, W.D. 1981. The evolution of cooperation. **Science** 211:1390–1396.
- Bell, H.L. 1983. A bird community of lowland rainforest in New Guinea: mixed-species feeding flocks. **Emu** 82: 256–275.
- Bencke, G.A., Mauricio, G.N., Develey, P.F. & Goerck, J.M. 2006. **Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil. Parte I – Estado do Domínio da Mata Atlântica**. Editora SAVE Brasil.

- Brasileiro, C.A., Sawaya, R.J., Kiefer, M.C. & Martins, M. 2005. Anfíbios de um fragmento de Cerrado aberto do sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**. 5 n.2.
- Cavalcanti, R.B. & Joly, C.A. 2002. Biodiversity and Conservation Priorities in the Cerrado Region. *In*: Oliveira, P.S. e Marquis, R. J (eds.) **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press.
- Cody, M.L. 1971. Finch flocks in the Mohave Desert. **Theoretical Population Biology** 2: 142-158.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** 1(1): 17-23.
- Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasilica** 20(1): 13-23.
- Danchin, E., Giraldeau, L.A. & Wagner, R.H. 2002. Animal aggregations: hypotheses and controversies. *In*: Danchin, E., Giraldeau, L.A. & Cézilly, F. **Behavioural Ecology**. Oxford University Press, New York.
- Develey, P.F. 2001. Os bandos mistos de aves nas florestas Neotropicais. *In*: Albuquerque, J.L.B., Cândido-Jr., J.F., Straube, F.C., e Roos, A.L.(Eds.) 2001. **Ornitologia da conservação: da ciência às estratégias**. Tubarão: Ed. Unisul.
- Diamond, J.M. 1981. Mixed-species foraging groups. **Nature** 292: 408-409.

- Durigan, G. 2004. Métodos para análise de vegetação arbórea. *In*: Cullen Jr., L., Valladares-Pádua, C. & Rudran, R. (Eds.) **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.
- Filgueiras. T.S. 2002. Herbaceous Plant Communities. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R. J (Eds.) **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press
- Fitzgibbon, C.D. 1989. A cost to individuals with reduced vigilance in groups of Thompson's gazelles hunted by cheetahs. **Animal Behaviour** 37:508-510.
- Gautier-Hion, A., Quris, R. & Gautier, J.P. 1983. Monospecific vs polyspecific life: a comparative study of foraging and antipredatory tactics in a community of *Cercopithecus* monkeys. **Behavioural Ecology and Sociobiology** 12: 325-335.
- Gianotti, E. 1988. **Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de Cerrado e mata ciliar da Estação Ecológica de Itirapina (SP)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- Giraldeau, L.A. 2008. Social foraging. *In*: Danchin, E., Giraldeau, L.A. & Cézilly, F. **Behavioural Ecology**. Oxford University Press, New York.
- Greenberg, R. 2000. Birds of many feathers: the formation and structure of mixed species flocks of forest birds. *In*: Boinski S. & Gerber P.A. (Eds.) **On the**

Move: How and Why Animals Travel in Groups. Chicago: University of Chicago Press.

Greig-Smith, P.W. 1978. The formation, structure and function of mixed-species insectivorous bird flocks in West African savanna woodland. **Ibis** 120(30): 284-297.

Hamilton, W.D. 1971. Geometry for the selfish herd. **Journal of Theoretical Biology** 31:295-31.

Heymann, E.W. & Buchanan-Smith, H.M. 2000. The behavioural ecology of mixed-species troops of callitrichine primates. **Biological Review** 75: 169-190.

Hoffmann, W.A. & Moreira, A.G. 2002. The Role of Fire in Population Dynamics of Woody Plants. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). **The Cerrados of Brazil**. Columbia Univ. Press, New York, New York.

Howell, T.R. 1972. Birds of the lowland pine savanna of northeastern Nicaragua. **The Condor** 74:316-340.

Kanegae, M.F. 2009. **Tamanho populacional, seleção de hábitat e área de vida de algumas aves endêmicas e ameaçadas na Estação Ecológica de Itirapina, São Paulo**. Tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo

Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology** 19:707–713.

- Köppen, W. 1948. **Climatologia**. Fondo de Cultura Económica, México.
- Krebs, J.R. & Kacelnik, A. 1991. Decision-making. *In*: Krebs, J.R. & Davies, N.B. (Eds.) **Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach**. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Kronka, F.J.N.; Nalon, M. A.; Matsukuma, C. K.; Pavão, M.; Guillaumon, J. R.; Cavalli, A. C.; Giannotti, E.; Ywane, M. S. S.; Lima, L. M. P. R.; Montes, J.; Del Cali, I. H. & Haack, P. G. 1998. **Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente..
- Lee, T.M., Soh, M.C.K., Sodhi, N., Koh, L.P., Lim S.L.H. 2005. Effects of habitat disturbance on mixed species bird flocks in a tropical sub-montane rainforest. **Biol Conserv** 122:193–204.
- Levy, G. 2009. **Uso e seleção de habitat por *Saltator atricollis* (Aves Cardinalidae) e *Cypsnagra hirundinacea* (Aves Thraupidae) no Cerrado da Estação Ecológica de Itirapina, São Paulo**. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lukoschek, V. & McCormick, M.I. 2000. A review of multi-species foraging association in fishes and their ecological significance. **Proceedings of the Ninth International Coral Reef Symposium** 1: 467–474.
- Machado, R.B., Ramos Neto, M.B., Pereira, P.G.P., Caldas, E., Gonçalves, D.A., Santos, N.S., Tabor, K. & Steininger, M. 2004. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Conservação Internacional, Brasília, DF.

- Manning, A & Dawkins, M.S. 1995. **An introduction to animal behaviour**. Cambridge University Press.
- Morse, D.H. 1970. Ecological aspects of some mixed-species foraging flocks of birds. **Ecological Monographs** 40:119-168.
- Morse, D.H. 1977. Feeding behavior and predator avoidance in heterospecific groups. **Bioscience** 27, 332–339.
- Motta-Junior, J.C, Granzinoli, M.A.M. & Develey, P.F. 2008. Aves da estação ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica** 8(3):207-227.
- Munn, C.A. & Terborgh, J.W. 1979. Multi-species territoriality in Neotropical foraging flocks. **The Condor** 81: 338-344.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca G.A.B. & Kent J.. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853-858.
- Péron, G. & Crochet, P.A. 2009. Edge effect and structure of mixed-species bird flocks in an Afrotropical lowland forest. **Journal of Ornithology** 150:585–599.
- Poulsen, B.O. 1996. Relationships between frequency of mixed-species flocks, weather and insect activity in a montane cloud forest in Ecuador. **Ibis** 138: 466–470.
- Powell, G.V.N. 1979. Structure and dynamics of interspecific flocks in a Neotropical mid-elevation forest. **The Auk** 96: 375-390.

- Powell, G.V.N. 1985. Sociobiology and adaptive significance of interspecific foraging flocks in the Neotropics. **Neotropical Ornithology** 36: 713–732.
- Powell, G.V.N. 1989. On the possible contribution of mixed-species flocks to species richness in Neotropical avifaunas. **Behavioural Ecology Sociobiology** 24: 387-393.
- Psarakos, S., Herzing, D.L. & Marten, K. 2003. Mixed-species associations between Pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*) and Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*) off Oahu, Hawaii. **Aquatic Mammals** 29(3): 390-395.
- Pulliam, H.R., Pyke, G.H. & Caraco, T. 1982. The scanning behavior of the juncos: a game-theoretical approach. **Journal of Theoretical Biology** 95: 89-103.
- Ragusa-Netto, J. 2001. Sentinels in *Saltator atricollis* (Passeriformes: Emberizidae). **Rev Brasil Biol** 61:317–322.
- Ragusa-Netto, J. 2002. Vigilance towards raptors by nuclear species in bird mixed flocks in a Brazilian savannah. **Studies Neotropical Fauna & Environment** 37: 219–226.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In Sano, S.M & Almeida, S.P. (eds). **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa/CPAC: Brasília, p.89-166.
- Rodrigues, R.R. 1999. A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. **Circular Técnica IPEF n.189** p.1-17

São Paulo. 2009. **Fauna ameaçada de extinção no estado de São Paulo: vertebrados**. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente.

Sazima, C., Krajewski J.P., Bonaldo R.M. & Sazima I. 2007. Nuclear-follower associations of reef fishes and other animals at an oceanic archipelago. **Environmental Biology of Fishes** 80: 351-361.

Scarioti, A., Sousa-Silva, J.C. & Felfili, J.M. 2005. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Serra-Filho, R., Cavalli, A.C., Guillaumon, J.R., Chiarini, J.V. Nogueira, F.P. & Ivancko, C.M.A.M. 1997. **Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.

Sigrist, T. 2009. **Iconografia das aves do Brasil: Bioma Cerrado**. Vol.1 Vinhedo: Avis Brasilis

Silva, D.A. 2005. Levantamento do meio físico das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina, São Paulo, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**. v.17 n.1 p.113-128.

Silva, J.M.C. & Santos, M.P.D. 2005. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. *In*: Scarioti, A., Sousa-Silva, J.C., Felfili, J.M. (Org.) **Cerrado:**

Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Sridhar, H. & Sankar, K. 2008. Effects of habitat degradation on mixed-species bird flocks in Indian rain forests. **Journal of Tropical Ecology** 24:135-147.

Stephens, P.A. & Sutherland, W.J. 1999. Consequences of the Allee effect for behaviour, ecology and conservation. **Trends in Ecology & Evolution** 14:401–405.

Stensland, E., Angerbjörn, A. & Berggren, P. 2003. Mixed species groups in mammals. **Mammal Review** 33(3): 205-223.

Stotz, D.F. 1993. Geographic variation in species composition of mixed species flocks in lowland humid forests in Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 38:61-75.

Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W., Parker III, T.A., & Moskovits, D.K. 1996. **Neotropical Birds: Ecology and Conservation.** University of Chicago Press.

Suhonen, J. 1993. Predation Risk Influences the Use of Foraging Sites by Tits. **Ecology** (74)4: 1197-1203.

Tannus, J.L.S. & Assis, M.A. 2004. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 27(3): 489-506.

- Tannus, J.L.S. 2007. **Estudo da vegetação dos campos úmidos de cerrado: aspectos florísticos e ecológicos**. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
- Terborgh, J. 1990. Mixed flocks and polyspecific associations: costs and benefits of mixed groups to birds and monkeys. **American Journal of Primatology** 21: 87–100.
- Terborgh, J., Robinson S., Parker III, T. A., Munn, C. A. & Pierpont N. 1990. Structure and organization of an Amazonian forest bird community. **Ecological Monographs**. 60: 213- 238.
- Thiollay, J.M. 1999. Frequency of mixed species flocking in tropical Forest birds and correlates of predation risk: an intertropical comparison. **Journal of Avian Biology** 30(3): 282-294.
- Tubelis, D.P., Cowling, A. & Donnelly, C. 2006. The role of mixed-species flocks in the use of adjacent savannas by forest birds in central Cerrado, Brazil. **Austral Ecology** 31: 38–45.
- Tubelis, D.P. 2007. Mixed-species flocks of birds in the Cerrado, South America: a review. **Neotropical Ornithology** 18: 75–97.
- Weiher, E. & Keddy, P. 1999. **Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats**. Cambridge University Press.
- Willis, E.O. 1984. Myrmotherula antwrens (Aves, Formicariidae) as army ant followers. **Revista Brasileira de Zoologia** 2(3): 153-158.

Willis, E.O. 2004. Birds of a habitat spectrum in the Itirapina Savanna, São Paulo, Brazil (1982-2003). **Brazilian Journal of Biology** 64(4): 901-910.

Zanchetta, D. & Diniz, F.V. 2006. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista Instituto Florestal**. 18:1-14.

Zanchetta, D.; Silva, C.E.F.; Reis, C.M.; Silva, D.A.; Luca, E.F.; Fernandes, F.S.; Lutgens, H.D.; Tannus, J.L.S.; Pinheiro, L.S.; Martins, M.R.C. & Sawaya, R. 2006. **Plano de Manejo Integrado - Estações Ecológica e Experimental de Itirapina**. Instituto Florestal, São Paulo.

Capítulo I

Bandos mistos de aves em três fisionomias abertas do Cerrado

Resumo

A degradação de áreas campestres naturais ainda remanescentes é intensa e prejudica a integridade ambiental destes ecossistemas. Parte da assembléia de aves que vive nestes ambientes exhibe o comportamento de formação de bandos mistos, o qual traz benefícios para seus integrantes. Objetivamos analisar bandos mistos de aves presentes em três fisionomias abertas de cerrado para evidenciar possíveis diferenças entre as áreas e entre os períodos amostrados. Acreditamos que sua estrutura muda de acordo com o ambiente e com a época do ano. Acompanhamos 337 bandos mistos formados por 45 espécies, entre julho de 2008 e dezembro de 2010, na Estação Ecológica de Itirapina, estado de São Paulo. Os bandos mistos de campo limpo tiveram uma menor participação de espécies que outros ambientes, e a estrutura dos bandos não se alterou significativamente entre os períodos reprodutivo (verão) e não-reprodutivo (inverno). Duas espécies integraram bandos somente nesta fisionomia. O campo sujo, considerado um ambiente intermediário em nosso estudo, não apresentou espécies exclusivas. A variação sazonal na estrutura dos bandos foi significativa. O campo cerrado obteve esta mesma diferenciação entre as estações, e o período reprodutivo nesta área apresentou bandos similares aos do mesmo período no campo sujo. No campo cerrado foram registradas 12 espécies que não estavam presentes nas outras fisionomias, todas elas características de ambientes florestais e com baixas frequências de ocorrência nos bandos mistos. As espécies foram categorizadas de acordo com sua função no bando: líderes verdadeiros, líderes/seguidores, seguidores verdadeiros, seguidores ocasionais e migrantes. Cinco espécies em todo o estudo

desempenharam papel de liderança verdadeira, e nove espécies puderam ser consideradas nucleares. Os líderes mais presentes foram *Saltator atricollis*, *Neothraupis fasciata* e *Cyspnagra hirundinacea*. A formação de bandos mistos, fenômeno que beneficia seus integrantes, foi registrada em fisionomias abertas de cerrado durante todo o ano, mas foram especialmente mais importantes para as aves durante o período de escassez de recursos. Nove espécies (20%) que participaram dos bandos amostrados estão ameaçadas no estado de São Paulo e possuem alta relevância ecológica.

Palavras-chave: Agrupamentos heteroespecíficos. Avifauna. Bandos mistos. Campos. Comportamento social.

Abstract

The degradation of natural grassland and open area remnants is still intense and affect environmental integrity of these ecosystems. The mixed-flocks of birds are a common feature in open environments which provide advantages to members. We aimed to analyze mixed-flocks of birds in three open physiognomies of cerrado to verify differences among sampled areas and periods. We believe that mixed-flock structure changes according to the physiognomy and between the seasons. We followed and record 337 mixed-flocks formed by 45 bird species between July 2008 and December 2010, in Estação Ecológica de Itirapina, São Paulo state. The flocks of “campo limpo” (grassland vegetation) had a lower participation of species than flocks from other areas, and structure did not varied significantly between breeding (summer) and non-breeding (winter) period. Two species formed flocks only in “campo limpo”. The “campo sujo” (grassland with scattered shrubs), considered an intermediate environment in our study, had no exclusive species. The seasonal variation in flock structure was significant. The “campo cerrado” (shrubby-grassland with many scattered trees) indicates the same differentiation between seasons. We found similarities between the breeding period of “campo sujo” and “campo cerrado”. Twelve species were present only in flocks of “campo cerrado” with low occurrence frequencies; all of them are birds of more wooded or forested environments. We categorized species according to their function played in mixed-flocks: True Leaders, Leaders/Followers, True Followers, Occasional Followers, Migrants. Five species played a role as True Leaders, and nine species can be considered as nuclear species of mixed-flocks. *Saltator atricollis*, *Neothraupis fasciata* and *Cypsnagra hirundinacea* were the most

common True Leaders. The formation of mixed-flocks, a phenomenon which benefits its members, were recorded in open areas of savanna throughout the year, but were especially important for birds during the period of resources scarcity. Nine flocking species, 20% of all species observed in this study, are threatened in São Paulo state and have high ecological relevance.

Key-words: Birds. Grasslands. Group behaviour. Heterospecific aggregations. Mixed flocks.

Introdução

O Cerrado é o segundo maior domínio fitogeográfico da América do Sul (Stotz et al. 1996, Oliveira & Marquis 2002). Não apenas a sua grande extensão territorial, mas também características intrínsecas à sua história natural e formação geológica fazem com que este domínio seja rico em paisagens heterogêneas e constituído por diferentes tipos de sistemas ecológicos (Eiten 1972, Ledru 2002). Formações como matas-galeria, campos sempre-úmidos e brejos, campos rupestres, entre outras, são exemplos de tipos ecossistêmicos distintos presentes no domínio do Cerrado (Oliveira-Filho & Ratter 2002, Silva et al. 2006). O cerrado *sensu lato* é o contexto predominante no domínio do Cerrado, e é caracterizado por um gradiente estrutural de fisionomias de vegetação, desde paisagens campestres desprovidas de estrato arbóreo lenhoso, passando por vegetações savânicas até matas e ambientes florestais (Coutinho 1978).

Historicamente os ecossistemas caracterizados por vegetação aberta, com predomínio de gramíneas e ervas, sempre configuraram dentre os mais ameaçados em diversas regiões do mundo (Filgueiras 2002, Alho 2005). E ambientes deste tipo, como as estepes, pradarias e campos, ainda sofrem redução e/ou descaracterização constantes onde quer que ocorram (Silva et al. 2006) e a facilidade de ocupação e uso (i.e. como pastos naturais, plantio de monoculturas, urbanização) favorece o ritmo acelerado de degradação (Stotz et al. 1996, Klink & Machado 2005). No Cerrado, o campo limpo, o campo sujo e o

campo cerrado são exemplos das fisionomias abertas que compõe parte do cerrado *sensu lato* (Filgueiras 2002) e possuem prioridade para conservação (Alho 2005, Klink & Machado 2005).

As aves de ambientes campestres são aquelas que sofreram os maiores e geograficamente mais amplos declínios populacionais se comparadas a qualquer outra guilda ecológica ou comportamental de aves (Knopf 1994, Vickery & Herkert 1999). A perda e degradação de habitats abertos parecem ser as causas primárias deste declínio (Vickery & Herkert 2001).

A formação de bandos mistos por aves é caracterizada como uma interação interespecífica que resulta no aumento da eficiência de forrageio e a diminuição do risco de predação para os participantes (Morse 1970). A princípio, a estrutura dos bandos mistos é um reflexo tanto da pré-disposição das espécies ao comportamento de agregação (Terborgh 1990), quanto do *pool* de espécies locais (Thiollay 1999). Entretanto, a variação das condições locais, bem como a disponibilidade e qualidade de recursos, faz com que esta estrutura esteja sujeita a alterações constantes (Munn & Terborgh 1979, Powell 1979, Manning & Dawkins 1995).

As aves buscam ativamente no espaço por melhores condições e por recursos que o ambiente tenha a oferecer (Ricklefs & Hainsworth 1968). Sabe-se que a estrutura da vegetação pode alterar algumas condições ambientais (i.e. temperatura, Ricklefs & Hainsworth 1968, Lawton 1994), e influenciar na obtenção de recursos por parte das aves (Tilman 1982, Sick 1997). Uma vez que os

benefícios e os custos envolvidos na formação de bandos mistos estão sujeitos a variação em ambientes estruturalmente distintos e também entre as estações do ano (Terborgh 1990), espera-se que existam diferenças entre bandos mistos de aves de cerrado que utilizam fisionomias campestres, mesmo que estas estejam espacialmente próximas e que contribuam para o mesmo *pool* regional de espécies.

O objetivo deste trabalho é verificar a existência de diferenças na estrutura de bandos mistos de aves em três fisionomias abertas do cerrado *sensu lato*, e contribuir para a ampliação do conhecimento sobre bandos mistos em ambientes campestres. A hipótese de que a estrutura dos bandos mistos está relacionada com a fisionomia e/ou com o período do ano (reprodutivo e não reprodutivo) é o foco central das análises.

Material e métodos

Área de estudo

A Estação Ecológica de Itirapina (EEI, coordenadas 22°13'S e 47°53'O) é uma Unidade de Conservação (UC) situada no centro do estado de São Paulo e ocupa parte dos municípios de Brotas e de Itirapina (Zanchetta & Diniz 2006). Possui o maior e um dos últimos remanescentes naturais de fisionomias abertas nativas de cerrado (campos sujos e campos limpos, principalmente) do estado de São Paulo, e um dos poucos da distribuição sul do domínio do Cerrado, protegidos por lei na forma de UC (Serra-Filho et al. 1997, Kronka et al. 1998). Sua área corresponde a aproximadamente 2.300 ha a uma altitude média de 700 m. É a única área de cerrado no estado de São Paulo considerada uma IBA (Important Bird Área, áreas importantes e prioritárias para a conservação de aves, Bencke et al. 2006).

O clima da região é Cwa (de acordo com a classificação internacional de Köppen 1948) caracterizado por verões chuvosos e quentes, e invernos moderadamente frios e secos (Tannus & Assis 2004). As médias anuais de temperatura e pluviosidade acumulada foram 19,9°C e 1.642 mm respectivamente, para o período de 2008 a 2010. As médias mensais de temperatura e pluviosidade durante a estação das secas (de abril a setembro) foram 17,3°C e 71 mm respectivamente, e na estação das chuvas (de outubro a março) 22,4°C e 248 mm, de acordo com os registros da estação meteorológica localizada próximo à sede administrativa da EEI para o período citado.

De acordo com o diagrama estrutural do gradiente de vegetação representado pelo cerrado *sensu lato* (Coutinho 1978), as três fisionomias mais abertas do cerrado são o campo limpo, campo sujo e campo cerrado. Em termos de estrutura da vegetação, o campo limpo é caracterizado pelo predomínio de espécies herbáceas e gramíneas, sendo a presença de indivíduos de hábito arbustivo incomum. No campo sujo os arbustos estão presentes e os poucos indivíduos arbóreos se encontram esparsos, ou aglomerados em pequenas manchas também esparsas entre si, enquanto o estrato baixo de ervas e gramíneas continua a predominar. O campo cerrado possui árvores e arbustos lenhosos em maior quantidade, apesar do estrato herbáceo ainda ser significativamente presente. Apesar de ser popularmente chamado de “campo” cerrado devido à marcante presença de gramíneas em espaços abertos entre as árvores (Filgueiras 2002), estruturalmente esta fisionomia pertence ao biocoro savânico (Coutinho 1978) e em vários casos se assemelha mais a uma savana muito aberta do que a um campo (Oliveira-Filho & Ratter 2002).

Campos sujos e campos úmidos predominam na EEI, seguidos dos campos cerrados e campos limpos. Ambientes mais florestais são encontrados em menores proporções, como florestas ripárias (i.e. mata galeria), cerrado *sensu stricto*, e cerradão (Zanchetta et al. 2006, Motta-Junior et al. 2008, Kanegae 2009).

Procedimento em campo

Os dados foram coletados na EEI entre julho de 2008 e dezembro de 2010. Somente no mês de novembro de 2008 não houve coletas. A cada mês, no mínimo 28 horas e no máximo 81 horas foram utilizadas para o trabalho, totalizando mais de 1.200 horas em campo, distribuídas entre as estações reprodutiva (verão ou período das chuvas, de meados de outubro a março) e não-reprodutiva (inverno ou estação da seca, de abril a setembro) das aves (Sick 1997). Transecções eram sorteadas de forma aleatória por toda a EEI, de acordo com a configuração natural das áreas ocupadas pelas três fisionomias estudadas, e variavam de 200 metros a 800 m em campo limpo, de 500 m a 2.500 m em campo sujo e de 400 m a 1.000 m em campo cerrado, e foram percorridas de maneira randomizada com sorteio dos pontos onde a caminhada deveria se iniciar a cada período amostrado. O esforço foi concentrado no início da manhã e no final da tarde, mas períodos mais quentes no meio do dia também foram amostrados, uma vez que bandos mistos também ocorrem nestas horas.

As premissas definidas neste estudo para se considerar um grupo multi-específico de aves como um bando misto coeso e as regras de registro destes bandos são as seguintes: ao encontrar indivíduos de diferentes espécies que pareçam estar se agrupando, o cronômetro era ligado e se iniciavam os registros. Durante um intervalo de tempo de 10 min as aves (1) deveriam permanecer espacialmente próximas e coesas e (2) se deslocar em conjunto na mesma direção, mesmo que houvesse atraso por parte de alguns indivíduos; (3) mesmo que alguns indivíduos se alimentassem durante alguns instantes dos 10 min iniciais, possíveis fontes pontuais de recursos não podiam ser o único fator de

agregação de todo o grupo; (4) existia pelo menos uma espécie cujos indivíduos desempenhavam o papel de sentinela (empoleirar em local alto, virar a cabeça várias vezes para investigar o ambiente, emitir vocalizações de alerta e não se alimentar enquanto os outros indivíduos o fazem), e (5) existia pelo menos uma espécie líder, a qual os demais indivíduos do bando seguiam durante os deslocamentos. Se o agrupamento em questão respondesse a estas premissas satisfatoriamente, este tempo inicial de 10 min era descartado e começávamos então a registrar um bando misto de aves verdadeiro. Outra vantagem de se descartar o tempo do início é que as aves se acostumam à presença do observador ao longo do tempo, o que favorece a confiabilidade dos dados coletados. Neste trabalho consideramos apenas bandos mistos acompanhados por no mínimo 30 min dentro de uma única fisionomia. Bandos que se deslocaram para outros tipos de vegetação durante o acompanhamento foram descartados quando o tempo mínimo não era atingido.

Análise dos dados

Para o registro das espécies foi seguida a padronização de nomes científicos e a ordem taxonômica proposta pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO 2008). Apesar de existir uma listagem mais recente, a mesma encontra-se sob revisão e, portanto, optamos por usar uma versão mais antiga. Utilizamos os dados de composição e abundância de espécies nos bandos mistos estudados. Assim, cada bando misto é considerado uma unidade amostral, e as fisionomias amostradas em cada período (reprodutivo e não-reprodutivo)

podem ser consideradas como tratamentos para finalidades de análise. Devido às características dos dados e o objetivo do presente estudo, optamos pelas análises multivariadas como as principais ferramentas de análise deste estudo, apoiadas pela estatística descritiva. Quantificamos a proporção de bandos em que cada espécie desempenhou o papel de líder (guiando durante deslocamento) e sentinela (empoleirar-se alto e fazer a vigília enquanto os demais indivíduos se alimentam ou descansam, Ragusa-Netto 2001). A partir destas definições comportamentais, propomos uma maneira de se categorizar as espécies em relação às sua função dentro dos bandos.

A Análise de Similaridade Multivariada (ANOSIM) é um teste não-paramétrico que verifica a existência de diferenças significativas entre dois ou mais grupos de dados multivariados (Gotelli & Ellison 2004), neste caso, a estruturação dos bandos em termos de composição e abundância específica em cada local e em cada período. O programa utilizado para rodar este teste também forneceu as análises entre cada par de tratamentos, com o uso do índice de distância multivariada de Morisita, com 10 mil réplicas (PAST Program, Hammer et al. 2001).

Para a visualização gráfica das diferenças entre os bandos mistos, foi realizada a Análise de Conglomerados (ou Agrupamentos, *Cluster Analysis*, Zar 1999), confeccionando ao final um dendrograma de similaridade baseado na distância Euclidiana entre os tratamentos. Utilizamos para isto a frequência de ocorrência das espécies, ou seja, o número de bandos em que a espécie foi encontrada, dividido pelo total de bandos observados (Krebs 1999). Em busca de uma análise cuja resolução possa abranger inclusive as unidades amostrais (os

bandos mistos neste caso), e ainda ter os tratamentos representados como conjuntos de dados, utilizamos o procedimento CVA (*Canonical Variate Analysis*, Hammer et al. 2001). Utilizando a análise de discriminantes multi-grupos, esta ferramenta produz um diagrama de dispersão com as unidades amostrais dispostas em grupos ao longo de dois eixos canônicos que representam combinações lineares das variáveis originais (semelhante ao PCA, Análise de Componentes Principais, Ayres et al. 2007, Manly 2008) e cujos autovalores indicam a quantidade de variação explicada pelos eixos.

Por fim, utilizamos o método SIMPER (*Similarity Percentage*) que avalia quais espécies são primariamente responsáveis pela diferença observada entre os grupos de amostras (Clarke 1993). Obtivemos um valor geral de significância das diferenças entre os tratamentos, representado na forma de um índice percentual derivado da ANOSIM (Análise de Similaridade), sendo a medida de similaridade de Bray-Curtis implícita na análise SIMPER (Hammer et al. 2001). A contribuição de cada espécie para a diferença observada (o valor geral de dissimilaridade) é fornecida ao final do processo.

Resultados

Acompanhamos um total de 337 bandos mistos de aves entre julho de 2008 e dezembro de 2010 em todos os três ambientes amostrados. O número médio de espécies e de indivíduos por bando, a riqueza total observada por área e outras características dos bandos estão representadas na Tabela 1 de forma resumida. Registramos o total de 45 espécies de aves participando dos bandos mistos em todo este estudo, pertencentes a 14 famílias da ordem Passeriformes, e uma família da ordem Piciformes (Anexo 1).

Tabela 1. Bandos mistos de aves observados durante o estudo de acordo com a fisionomia e a época do ano (período reprodutivo e não-reprodutivo¹).

| | <u>Campo Limpo</u> | | <u>Campo Sujo</u> | | <u>Campo Cerrado</u> | | Total |
|---|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------|------------|
| | Reprodutivo | Não-Reprodutivo | Reprodutivo | Não-Reprodutivo | Reprodutivo | Não-Reprodutivo | |
| Média de espécies por bando | 4,61 | 5,58 | 7,04 | 10,79 | 7,89 | 11,37 | |
| Média de indivíduos por bando | 17,03 | 21,73 | 19,33 | 28,92 | 20,41 | 27,63 | |
| Espécies exclusivas de cada fisionomia ² | 2 | 2 | 0 | 0 | 12 | 12 | |
| Riqueza máxima observada por área | 21 | 22 | 31 | 31 | 41 | 41 | 45 |
| Número de bandos mistos acompanhados | 31 | 52 | 48 | 109 | 29 | 68 | 337 |

¹ Período reprodutivo: de outubro a março (verão). Período não-reprodutivo: de abril a setembro (inverno).

² Número de espécies registradas exclusivamente nos bandos de em uma determinada fisionomia.

Testamos a hipótese da existência de diferenças significativas entre os bandos mistos de cada ambiente em cada período e verificamos que a estruturação dos bandos pode ser dependente da área e/ou do período amostrado (ANOSIM $R = 0,2311$ e $p \leq 0,0001$). Testes pareados *post-hoc* indicam as diferenças entre cada par de tratamentos, ou seja, entre cada área e cada período na Tabela 2. O campo limpo não apresentou diferenças significativas entre seus bandos da estação reprodutiva e da não-reprodutiva. Os bandos mistos de campo sujo e de campo cerrado, durante o período reprodutivo, não apresentaram diferenças quanto a sua estruturação. Valores altos de R na Tabela 2 indicam diferenças maiores (Zar 1999).

Tabela 2. Análise de similaridade (ANOSIM $R = 0,2311$ e $p \leq 0,0001$) entre as áreas e os períodos. Nesta tabela estão representadas as 15 comparações pareadas (testes *post-hoc*) entre os seis tratamentos, na forma de valores R com seus respectivos P -valores entre parênteses. As células em destaque (rosa) indicam diferenças significativas e as células em cinza onde não é significativo.

| | CL.inv | CL.ver | CS.inv | CS.ver | CC.inv | CC.ver |
|--------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------|
| CL.inv | - | - | - | - | - | - |
| CL.ver | 0,04 (0,058) | - | - | - | - | - |
| CS.inv | 0,34 (0) | 0,52 (0) | - | - | - | - |
| CS.ver | 0,08 (0) | 0,12 (0,0015) | 0,24 (0) | - | - | - |
| CC.inv | 0,25 (0) | 0,41 (0) | 0,05 (0,010) | 0,10 (0,0002) | - | - |
| CC.ver | 0,17 (0) | 0,13 (0,0007) | 0,35 (0) | 0,01 (0,2715) | 0,18 (0,0004) | - |

CL = Campo Limpo, CS = Campo Sujo, CC = Campo Cerrado
 inv = inverno (estação não-reprodutiva, período das secas)
 ver = verão (estação reprodutiva, período das chuvas)

A Análise de Conglomerados realizada com os tratamentos forneceu um dendrograma de similaridade, o qual indica a proximidade estrutural entre grupos de bandos mistos de cada área em cada período (Figura 1). Pode ser percebida visualmente a separação dos bandos de campo limpo dos demais, e uma proximidade relativamente maior entre os seus dois períodos. Campo sujo e campo cerrado têm seus bandos de verão um pouco mais semelhantes entre si do que seus bandos de inverno. Contudo, quando comparados somente os períodos do campo sujo entre si, e somente os períodos do campo cerrado entre si, a similaridade é ainda menor.

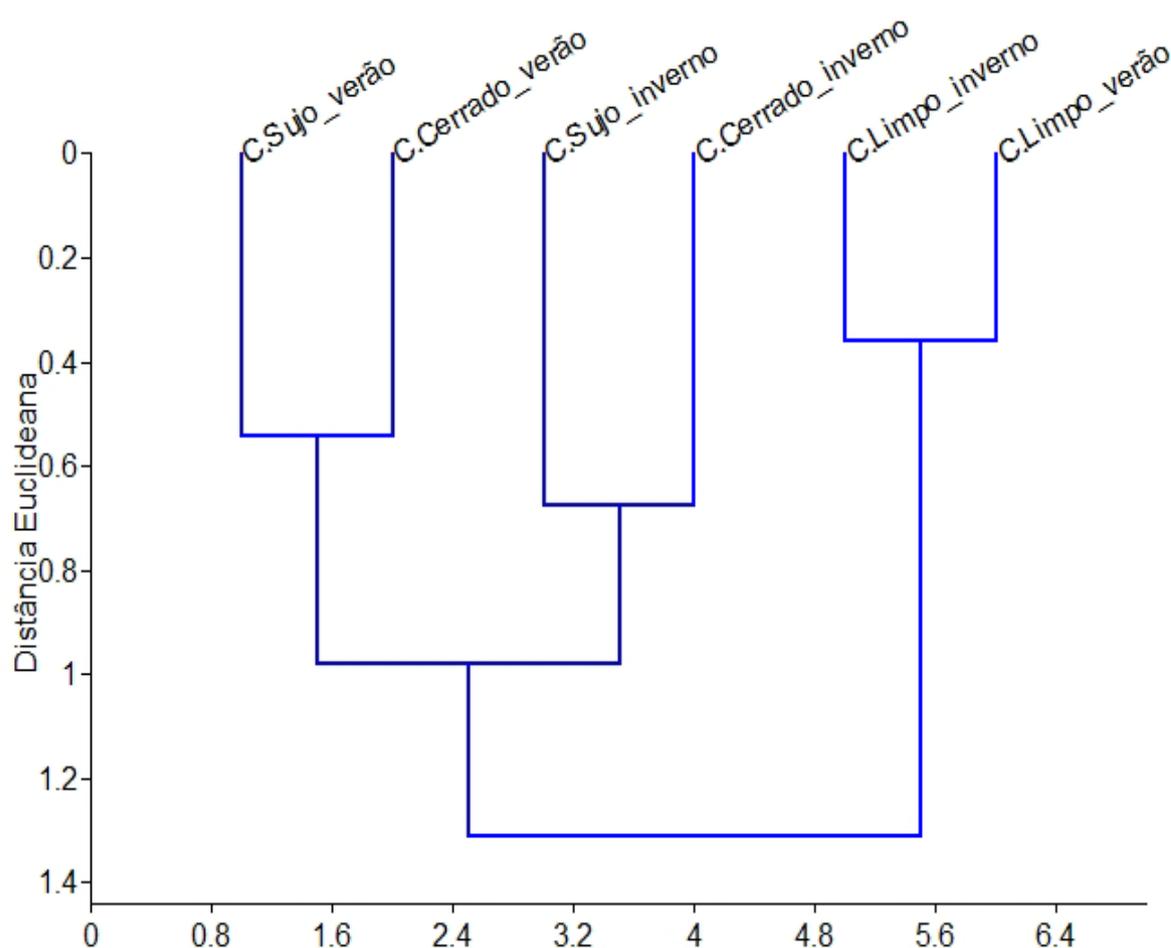


Figura 1. Análise de Conglomerados.

A Figura 2 revela graficamente a diferença entre os grupos de amostras em uma resolução que permite verificar em que medida tais diferenças e também as similaridades atuam ao mesmo tempo. Podemos visualizar cada unidade amostral (bando misto) em um espaço bidimensional proporcionado por eixos que são combinações lineares das variáveis originais (espécies) cujos valores foram utilizados para se obter a distância multidimensional. Estes pontos no espaço estão representados por cores e formas distintas para evidenciar a qual tratamento o bando pertence. Mesmo assim, para se obter o aspecto geral dos tratamentos, uma área foi delimitada a partir união entre os pontos mais externos por meio de retas, gerando assim a área para cada conjunto de dados. É possível perceber que os bandos do campo sujo estão espacialmente encaixados entre os do campo limpo e do campo cerrado. Seus bandos (pontos) podem ser ao mesmo tempo semelhantes aos do campo limpo e aos do campo cerrado (regiões onde os grupos se sobrepõem), mas também podem ser diferentes de ambos em áreas sem sobreposição (Figura 2).

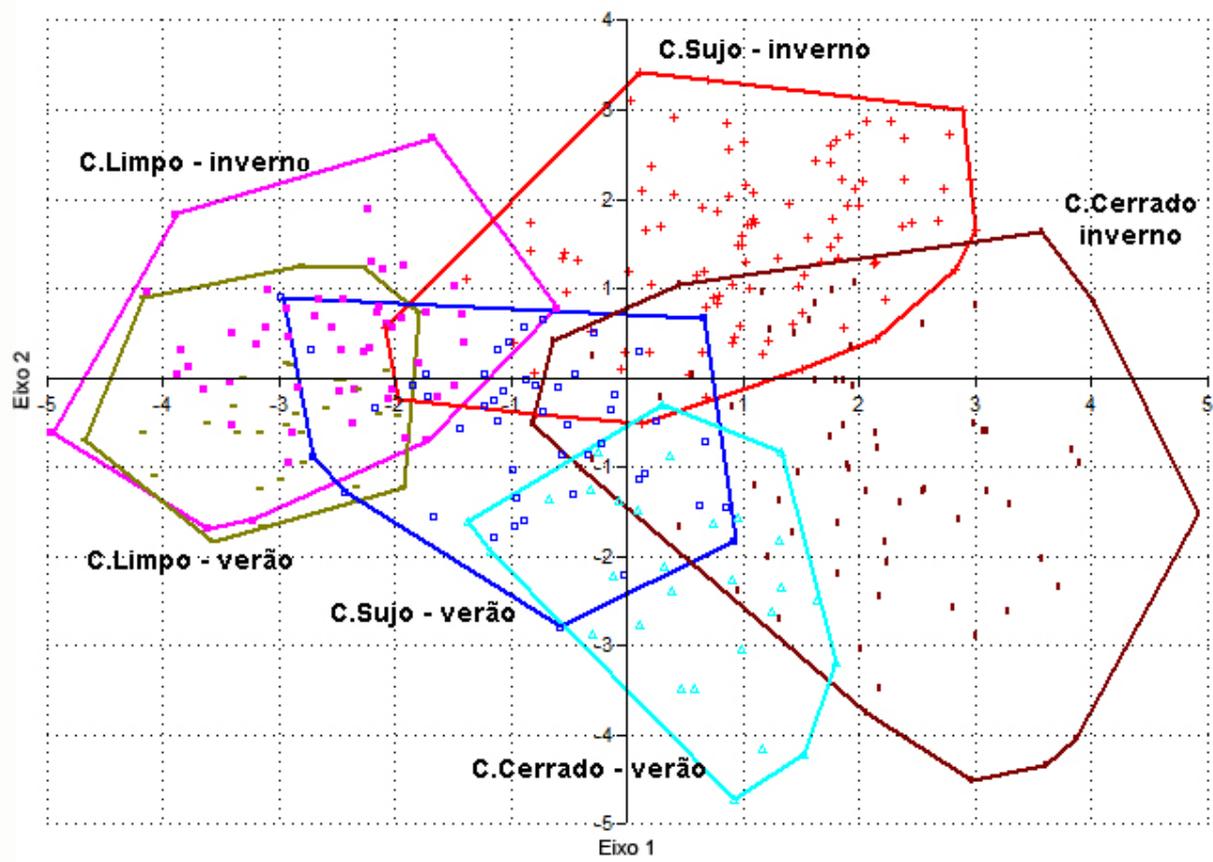


Figura 2. Diagrama de dispersão CVA (Canonical Variate Analysis).

Até o momento, as variações na estrutura dos bandos mistos foram verificadas entre os ambientes e os períodos. Em uma tentativa de buscar o quanto cada espécie contribuiu para as variações ao longo de todo o estudo (considerando todos os tratamentos) utilizamos o procedimento estatístico SIMPER (*Similarity Percentage*). A significância geral das diferenças observadas, também conhecida por porcentagem de dissimilaridade (Clarke 1993) foi equivalente a 69,8% entre todos os grupos de amostras. Cada espécie contribuiu com um valor que é decomposto da dissimilaridade geral. A Figura 3 indica a contribuição de cada espécie para a variação geral. *Saltator atricollis* foi responsável pelo maior valor individual de variação (6,49), enquanto *Veniliornis passerinus*, por exemplo, não contribuiu significativamente, em termos comparativos, com a caracterização dos bandos mistos (ver Figura 3). Tais variações são resultado não somente da presença/ausência das espécies nos bandos de cada tratamento, mas principalmente das abundâncias específicas das mesmas e do quanto a variação dela pode pesar nas médias dos bandos.

Uma variável que caracteriza consideravelmente bem os bandos mistos de aves é a frequência de ocorrência das espécies nos bandos. Estes valores podem ser interpretados como a tendência que determinada ave teve em formar bandos. A frequência de ocorrência (FO) em bandos mistos, independente da abundância de indivíduos, pode variar de espécie para espécie entre os ambientes e entre os períodos do ano. Os valores de cada uma delas, em cada tratamento, estão representados na tabela do Anexo 1. A listagem contida na tabela segue a ordem taxonômica e nomenclatura propostas pelo CBRO (2008).

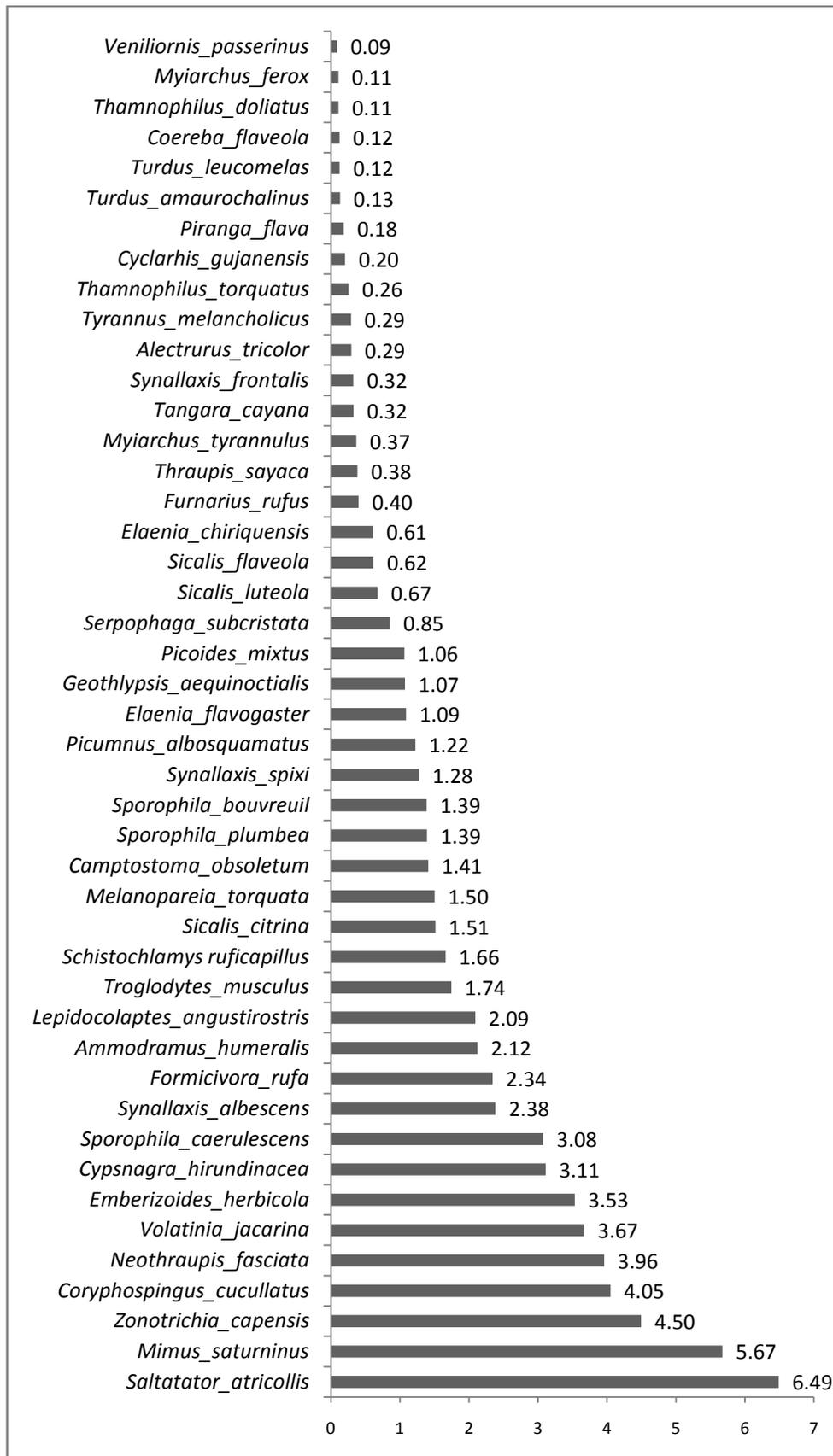


Figura 3. Contribuição de cada espécie com as diferenças observadas entre os tratamentos. O valor da dissimilaridade geral é 69,8%.

A função que cada indivíduo tem dentro do bando foi acessada por meio de dois critérios, a exibição do comportamento de liderança (geralmente associado ao de sentinela) e a regularidade da presença nos bandos. Algumas espécies podem ou não exibir determinados comportamentos em proporções distintas em cada ambiente. Dessa forma, propomos cinco categorias que representam possíveis funções das espécies de aves em bandos mistos (Tabela 3). Segue adiante a descrição proposta para cada tipo funcional:

1. Líderes verdadeiros: são espécies que exibiram o comportamento de liderança (geralmente associado ao de sentinela) em pelo menos 70% dos bandos que participaram.

2. Líderes/Seguidores: estas espécies também contribuíram para a coesão do bando exibindo comportamentos de liderança de 30% a 69% dos bandos.

3. Seguidores verdadeiros: exibiram comportamentos que favoreceram a coesão grupal em no máximo 29% dos bandos mistos que participaram. Geralmente não exibiram nenhum comportamento de liderança.

4. Seguidores ocasionais: o que define a participação nesta categoria é a quantidade de bandos que estas espécies integraram, com relação ao total de bandos observados. Participaram de no máximo 15% de todos os bandos mistos, e não exibiram nenhum comportamento de liderança.

5. Migrantes: são espécies que apenas apareceram nos bandos em uma determinada época do ano.

Tabela 3. Categorias funcionais das espécies de aves que formaram bandos mistos.

| | <u>CAMPO LIMPO</u> | <u>CAMPO SUJO</u> | <u>CAMPO CERRADO</u> |
|-------------------------------|--|---|--|
| Líderes verdadeiros | <i>Saltator atricollis</i> <i>Neothraupis fasciata</i> <i>Cypsnagra hirundinacea</i> <i>Mimus saturninus</i> | <i>Saltator atricollis</i> <i>Neothraupis fasciata</i> <i>Cypsnagra hirundinacea</i> | <i>Saltator atricollis</i> <i>Neothraupis fasciata</i> <i>Cypsnagra hirundinacea</i> |
| Líderes/Seguidores | <i>Emberizoides herbicola</i> <i>Coryphospingus cucullatus</i> <i>Synallaxis albescens</i> | <i>Mimus saturninus</i> <i>Lepidocolaptes angustirostris</i> <i>Formicivora rufa</i> <i>Emberizoides herbicola</i> <i>Coryphospingus cucullatus</i> | <i>Mimus saturninus</i> <i>Lepidocolaptes angustirostris</i> <i>Formicivora rufa</i> <i>Emberizoides herbicola</i> <i>Coryphospingus cucullatus</i> |
| Seguidores verdadeiros | <i>Zonotrichia capensis</i> <i>Ammodramus humeralis</i> <i>Volatinia jacarina</i> <i>Sporophila caerulescens</i> <i>Melanopareia torquata</i> <i>Sporophila bouvreuil</i> <i>Sporophila plumbea</i> <i>Sicalis citrina</i> <i>Sicalis flaveola</i> | <i>Zonotrichia capensis</i> <i>Ammodramus humeralis</i> <i>Volatinia jacarina</i> <i>Sporophila caerulescens</i> <i>Melanopareia torquata</i> <i>Troglodytes musculus</i> <i>Camptostoma obsoletum</i> <i>Serpophaga subcristata</i> <i>Synallaxis albescens</i> <i>Synallaxis spixi</i> <i>Picumnus albosquamatus</i> <i>Picoides mixtus</i> <i>Geothlypsis aequinoctialis</i> <i>Schistochlamys ruficapillus</i> <i>Elaenia flavogaster</i> | <i>Zonotrichia capensis</i> <i>Ammodramus humeralis</i> <i>Volatinia jacarina</i> <i>Sporophila caerulescens</i> <i>Melanopareia torquata</i> <i>Troglodytes musculus</i> <i>Camptostoma obsoletum</i> <i>Serpophaga subcristata</i> <i>Synallaxis albescens</i> <i>Synallaxis spixi</i> <i>Synallaxis frontalis</i> <i>Picumnus albosquamatus</i> <i>Picoides mixtus</i> <i>Geothlypsis aequinoctialis</i> <i>Schistochlamys ruficapillus</i> <i>Elaenia flavogaster</i> |
| Seguidores ocasionais | <i>Geothlypsis aequinoctialis</i> <i>Synallaxis spixi</i> <i>Sicalis luteola</i> <i>Furnarius rufus</i> <i>Schistochlamys ruficapillus</i> | <i>Sporophila bouvreuil</i> <i>Sporophila plumbea</i> <i>Sicalis citrina</i> <i>Sicalis luteola</i> <i>Furnarius rufus</i> <i>Myiarchus tyrannulus</i> | <i>Cyclarhis gujanensis</i> <i>Myiarchus tyrannulus</i> <i>Myiarchus ferox</i> <i>Thraupis sayaca</i> <i>Tangara cayana</i> <i>Turdus leucomelas</i> <i>Coereba flaveola</i> <i>Thamnophilus torquatus</i> <i>Thamnophilus doliatus</i> <i>Veniliornis passerinus</i> <i>Piranga flava</i> <i>Sporophila bouvreuil</i> <i>Sporophila plumbea</i> <i>Sicalis citrina</i> |
| Migrantes | <i>Alectrurus tricolor</i> | <i>Elaenia chiriquensis</i> <i>Tyrannus melancholicus</i> | <i>Elaenia chiriquensis</i> <i>Tyrannus melancholicus</i> <i>Turdus amaurochalinus</i> |

Discussão

As 45 espécies de aves que participaram de bandos mistos em três fisionomias abertas de cerrado na Estação Ecológica de Itirapina representam 19,5% de todas as aves já registradas nesta unidade (Motta-Junior et al. 2008). Se excluirmos espécies aquáticas a proporção é de 22,7%. Se levarmos em consideração exclusivamente a assembléia de aves que utiliza especificamente os ambientes amostrados, a relevância das agregações multi-específicas torna-se ainda maior.

Os valores médios de espécies por bando indicam que o campo cerrado, fisionomia estruturalmente mais complexa, é o ambiente com os bandos mais ricos. Logo depois vem o campo sujo e em seguida o campo limpo (Tabela 1). Talvez o fato de que o *pool* de espécies que utilizam esta área com regularidade é comparativamente mais baixo que das demais fisionomias (Motta-Júnior et al. 2008) pudesse ser suficiente para explicar a menor riqueza de espécies nos bandos do campo limpo. Entretanto, sabemos que variações nas condições e na disponibilidade e qualidade de recursos locais também desempenham um papel relevante (Poulsen 1996). Até mesmo a estrutura da vegetação por si só pode ter um papel chave na estruturação dos bandos quando se investiga as mudanças no risco de predação de cada espécie em vista da sua capacidade de perceber e/ou evitar ataques (i.e. aéreos) em ambientes abertos *versus* ambientes florestais (Terborgh 1990). Acreditamos, pois, que a variação observada se deva à somatória destas possibilidades, e não a apenas uma. Este padrão se repete

também na quantidade total de espécies observada em cada ambiente. Quanto ao número de espécies observadas exclusivamente em bandos de um ambiente, o campo limpo apresenta duas, enquanto o campo sujo não possui nenhuma e o campo cerrado doze (Tabela 1). A espécie *Alectrurus tricolor* habita unicamente áreas campestres naturais, e *Sicalis flaveola* tem preferência por áreas abertas, mas pode se adaptar a ambientes abertos antropizados, inclusive urbanos (Sick 1997). Esta preferência de habitat pode explicar os registros unicamente em campo limpo. O campo sujo é uma formação intermediária entre o campo limpo e o campo cerrado em termos estruturais (Coutinho 1978, Oliveira-Filho & Ratter 2002). As aves que fazem uso dele geralmente estão presentes em outros ambientes (Motta-Junior et al. 2008), o que torna o fato de nenhuma espécie ter sido exclusiva de bandos deste ambiente um acontecimento esperado. Doze espécies participaram de bandos registrados somente em campo cerrado. Essas espécies (ver Anexo 1) são características de ambientes mais florestais do que os campos cerrados (Sick 1997). Na EEI elas foram registradas principalmente em outras fisionomias, como cerrado *sensu stricto* e mata galeria (Motta-Junior et al. 2008).

A princípio, consideramos o fato de que a sazonalidade climática e o período de reprodução estão intimamente relacionados para a grande maioria das aves presentes na área de estudo, bem como para aquelas que formam bandos mistos (Sick 1997, Tubelis 2007, Sigrist 2009). Por este motivo em diversos momentos utilizamos o verão como sinônimo de período reprodutivo, e o inverno como período não-reprodutivo. A literatura indica que bandos mistos em diversas partes do mundo sofrem variações sazonais (Poulsen 1996), inclusive em áreas

de cerrado *sensu lato* (Tubelis 2004, 2006). Em geral as aves têm menor tendência à formação de bandos durante o período reprodutivo, o que pode influenciar drasticamente a estrutura dos bandos. Autores atribuem estas diferenças a dois fatores que podem atuar em conjunto: a reprodução, que demanda tempo e energia, e acaba por receber maior dedicação do que a formação de bandos (Powell 1985, Greenberg 2002); e ao fato do período reprodutivo da maioria das espécies coincidirem com a primavera e o verão, e com a época das chuvas (Sick 1997), período de maior produtividade e fluxo de energia em ecossistemas terrestres (Odum 1989) e, portanto, de maior disponibilidade de recursos (Tilman 1982, Poulsen 1996). Sabe-se que os benefícios relacionados ao aumento da eficiência de forrageio é um dos fatores que levam à formação de bandos, e que em situações de fartura de recursos várias espécies deixam de se juntar aos grupos, pois existem custos teoricamente desnecessários (Terborgh 1990). Observamos o mesmo no cerrado: comparando cada bando nas duas estações em cada área, em termos de média de espécies e também média de indivíduos, os bandos de inverno (ou estação não-reprodutiva) foram maiores e mais ricos. Tais resultados, contidos na Tabela 1 podem ser visualizados, de forma resumida e visualmente didática, na Figura 4.

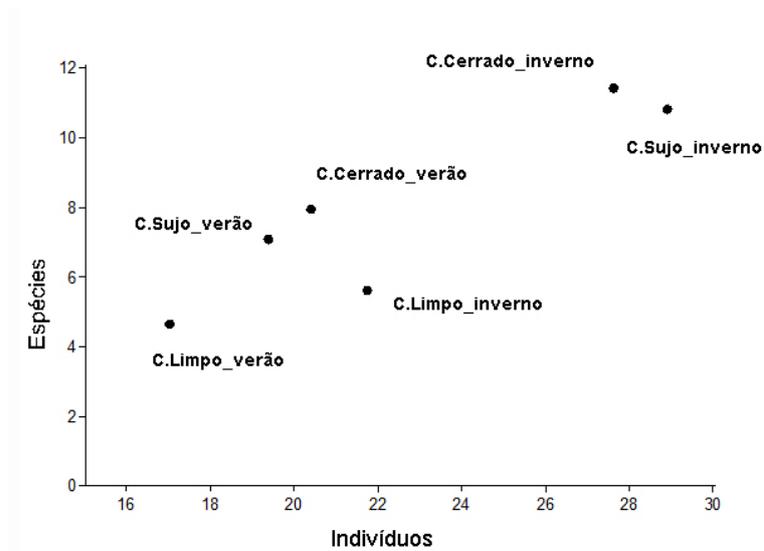


Figura 4. Número médio de espécies e número médio de indivíduos. Cada ponto representa uma fisionomia em um período do ano.

A riqueza total observada nas áreas não se alterou entre as estações tanto no campo sujo quanto no campo cerrado (Tabela 1). No campo limpo a espécie *Synallaxis spixi* não compôs bandos durante o período reprodutivo (Anexo 1). Se desconsiderarmos este único registro, podemos afirmar que, neste estudo, as espécies que formam bandos mistos o fazem em qualquer época do ano. Esta situação também inclui espécies migratórias, as quais possuem registro nos dois períodos amostrados, pois os meses que ficam na região abrangem o final do inverno, até meados ou final do verão. A partir desta idéia, surge a questão: então, o que pode ter gerado diferença entre os valores médios de espécies e de indivíduos por bando, comparando-se cada ambiente nas duas estações, se a quantidade de espécies que forma bandos é praticamente a mesma em ambos os períodos? A tendência delas à formação (frequência de ocorrência nos bandos, ver Anexo 1) e também a abundância específica nos

bandos são as variáveis que verdadeiramente se alteraram na natureza e que, por sua vez, caracterizaram os bandos que foram acompanhados. Assim, os valores que se alteraram entre as estações como a média de espécie e de indivíduos por bando se relacionou diretamente com a diminuição da frequência de ocorrência, e não com a quantidade total de espécies que puderam ser registradas em bandos de determinado tratamento.

Até o momento foi possível perceber que algumas das variáveis que caracterizam os bandos mistos de aves mudaram conforme a época do ano e o ambiente onde foram realizados os acompanhamentos. Em vista da estruturação dos bandos ser uma característica composta por muitas variáveis, acreditamos que as análises realizadas até o momento não são suficientes para compreender na totalidade a dinâmica dos bandos e também a relevância das espécies que os compõem. Assim, utilizamos procedimentos multivariados para continuar a análise dos bandos mistos.

Testamos a hipótese nula de que os bandos são estruturalmente similares entre as áreas e os períodos, e esta foi rejeitada. A hipótese aceita indica que a estruturação multi-específica dos bandos é diferente entre os tratamentos, ou seja, os bandos podem mudar de acordo com a fisionomia e também com o período do ano. Os seis tratamentos permitiram 15 comparações aos pares, expressas na Tabela 2. A análise de similaridade indicou que nos campos limpos a estrutura dos bandos não se alterou significativamente entre os períodos. A menor riqueza exibida nesta área pode ter influenciado neste resultado. Sabe-se que áreas totalmente abertas como o campo limpo, ao ser comparado com as demais fisionomias, são estruturalmente mais simples, o que pode acarretar na

menor diversidade biológica, considerando todos os grupos vivos presentes na área (Vickery & Herkert 1999). Uma vez que vários destes grupos são presas para as aves (i.e. artrópodes), isso pode refletir na disponibilidade e qualidade de recursos para as mesmas. Assim, mesmo durante o verão no campo limpo, este ambiente pode apresentar uma menor riqueza e abundância de recursos, levando as aves a formarem bandos com maior frequência como benefício que pode compensar tal fato. No período reprodutivo, quando se espera menos dedicação à formação de bandos, o campo sujo e o campo cerrado exibiram bandos similares. Em outras palavras, as espécies que formam bandos com maior frequência em cada ambiente neste período são em sua maioria as mesmas. Uma vez que a diferença na riqueza entre as áreas (campo sujo e c. cerrado) foi evidenciada pela presença de espécies mais florestais no campo cerrado, e as estas reduziram sua participação nos bandos de verão, tal resultado vem como consequência. Todas as demais comparações indicaram diferenças significativas entre os tratamentos, como esperávamos.

O dendrograma de similaridade (Figura 1) indicou que as FOs que definem os bandos de cada área possuem o mesmo padrão de diferenciação encontrado pelos testes pareados *post-hoc* da análise de similaridade multivariada. Nota-se também que a maior distância se deu entre os dois tratamentos do campo limpo, com todos os demais. O campo limpo pode ser considerado o ambiente mais diferenciado dos demais, e com os bandos mais homogêneos entre as estações.

Na análise visual que permite a identificação de cada amostra em um espaço bidimensional (Figura 2) podemos perceber alguns detalhes já expostos

pelas análises anteriores com uma resolução mais refinada. O conjunto formado pelos bandos mistos de campo limpo no verão (ou período reprodutivo) tem a maior parte de seus pontos (amostras, ou bandos mistos) dentro do mesmo espaço ocupado pelo campo limpo no inverno (ou período não reprodutivo). Isso evidencia a similaridade entre ambos os períodos nesta fisionomia. Como poderíamos esperar, o campo limpo no inverno abrange uma área ainda maior que o mesmo ambiente no verão, ou seja, durante o inverno mais “tipos” estruturais de bandos se formam. De forma menos intensa, o mesmo ocorre nas outras duas fisionomias: pelo menos uma parte da área ocupada pelas amostras de verão se sobrepõem às de inverno, e as áreas das amostras de inverno são sempre maiores que as de verão. Além disso, a área livre (sem sobreposição) também se mostrou maior no inverno do que no verão para todas as fisionomias. Notamos também que os dois períodos do campo sujo abrangem, no gráfico, áreas intermediárias entre os outros grupos (campo limpo e campo cerrado), inclusive áreas sobrepostas. Nenhum tratamento do campo limpo se sobrepôs aos do campo cerrado. Essa constatação era esperada em vista do campo sujo ser uma fisionomia intermediária neste estudo (como discutido anteriormente). Os pontos do campo cerrado mais distantes do centro do gráfico são bandos mistos que tiveram maior participação das espécies florestais e semi-florestais que foram registradas exclusivamente nesta fisionomia.

Após analisarmos os bandos mistos sob uma perspectiva mais ampla e estrutural, verificarmos a existência de diferenças, e evidenciarmos padrões, ainda resta compreender estas mudanças do ponto de vista das espécies. Consideramos absolutamente todos os bandos mistos que foram acompanhados

durante este estudo. Cada bando misto é composto por um número de espécies. Cada espécie contribui com um determinado número de indivíduos ao bando que está participando. Portanto, quaisquer diferenças na estruturação dos bandos mistos entre as fisionomias e os períodos amostrados que verificamos se devem, a princípio, às variações exibidas na natureza pelas espécies. A dissimilaridade média global foi 69,8%. A contribuição de cada espécie pode ser vista na Figura 3. A interpretação dos valores deve ser comparativa. *Saltator atricollis* contribuiu com 6,49 pontos percentuais e *Sicalis luteola* contribuiu com 0,67 pontos percentuais do total da variação entre todos os bandos mistos (decomposto dos 69,8%). Ambas as espécies integram os bandos mistos em pequenos bandos monoespecíficos de tamanhos similares (de 4 a 7 indivíduos em média). O que faz com que *S. atricollis* seja mais importante na estruturação dos bandos (já que é a espécie que mais contribuiu com toda a variação observada) do que *S. luteola*, por exemplo, é a diferença entre as frequências de ocorrência em bandos (maior em *S. atricollis*, dados de FO no Anexo 1) e a ausência de *S. luteola* em uma das fisionomias (campo cerrado). As espécies com FO mais altas e maior número de indivíduos nos bandos, em geral, contribuíram com os maiores valores de dissimilaridade, sendo as principais responsáveis pela “identidade” dos bandos mistos acompanhados.

Outra forma de compreender a estruturação dos bandos para melhor caracterizá-los é diferenciar as funções exercidas pelos seus participantes. Com base na proporção de exibição de comportamentos e da presença em bandos, as aves foram agrupadas em cinco categorias funcionais. A Tabela 3 evidencia as funções de cada espécie nos bandos. Espécies que exibem comportamento de

liderança e sentinela são também chamadas “espécies nucleares”, pois justamente elas são as principais responsáveis pela coesão do grupo, o qual se organizará espacialmente em seu entorno em um ambiente tridimensional (Greenberg 2000). Estes comportamentos (i.e. vocalizações de alarme, sinais de vigilância contra predadores) chamam a atenção das outras espécies e assim ocorre na natureza a agregação inicial que levará à formação de um bando misto coeso (Morse 1970, Alves e Cavalcanti 1996). *Saltator atricollis*, *Neothraupis fasciata* e *Cyspnagra hirundinacea* são as principais espécies nucleares em todas as fisionomias abertas amostradas. Em seguida, *Mimus saturninus* foi um líder verdadeiro somente no campo limpo, enquanto nos outros ambientes ele foi um líder/seguidor. *Emberizoides herbicola* e *Coryphospingus cucullatus* foram as únicas espécies líderes/seguidoras em todos os três ambientes. *Lepidocolaptes angustirostris* e *Formicivora rufa* foram líderes/seguidores nos campos sujo e cerrado, e *Synallaxis albescens* foi líder/seguidor apenas no campo limpo, e seguidor verdadeiro nos campos sujo e cerrado. Estas são as principais espécies responsáveis pela estruturação dos bandos de acordo com a análise de suas funções no bando (Tabela 3).

Ao adicionarmos a esta análise o resultado do procedimento SIMPER, percebemos que as nove espécies citadas no parágrafo anterior estão entre as 13 espécies com as contribuições mais relevantes para as mudanças observadas. A décima terceira é *Lepidocolaptes angustirostris*, um insetívoro que forrageia em troncos na vertical (semelhante aos pica-paus) e por depender de árvores não foi registrado no campo limpo. As quatro espécies que aquela análise coloca entre *L.angustirostris* e *Saltator atricollis* (a mais relevante) em meio às outras nove já

citadas são: *Zonotrichia capensis*, *Volatinia jacarina*, *Sporophila caerulescens* e por último *Ammodramus humeralis*. Mesmo sendo seguidores verdadeiros, estas espécies desempenharam este papel em todas as fisionomias, participando dos bandos mistos em bandos monoespecíficos de três até mais de dez indivíduos em alguns casos. Com exceção de *A.humeralis* (tico-tico-do-campo), as demais espécies (tico-tico, tiziu e coleirinho, respectivamente) são muito comuns em diversos ambientes, inclusive áreas altamente antropizadas (Sick 1997), e neste trabalho sofreram variações comparativamente pequenas em sua FO entre os períodos do ano. Assim, a importância destas quatro espécies diz respeito principalmente à presença marcante das mesmas nos bandos mistos em todas as áreas e em todas as épocas.

As espécies seguidoras verdadeiras, de acordo com a modelagem da vida em grupo (Hamilton 1971), são as que provavelmente mais se beneficiaram dos bandos mistos, ainda que as espécies nucleares possam ter se aproveitado do efeito da diluição, do efeito da confusão (diminuem o risco de predação) e do efeito dos batedores (espantam artrópodes ao se deslocarem, alimento comum a muitos integrantes). Isso torna as espécies nucleares ainda mais importantes, pois são facilitadoras para as demais. As espécies ocasionais exercem pouca relevância na funcionalidade do grupo quando tratadas especificamente. Se somarmos a contribuição de cada uma delas, veremos que o grupo funcional em si responde similarmente às seguidoras verdadeiras.

Quanto às espécies migratórias, elas ocorreram sempre em períodos concentrados do ano. Nota-se na tabela do Anexo 1 que algumas espécies tradicionalmente reconhecidas como migratórias não foram consideradas desta

forma neste trabalho (i.e. *Sporophila plumbea*, *S.bouvreuil*) uma vez que alguns poucos indivíduos que permaneceram nas áreas durante o período não-reprodutivo formaram bandos regularmente. Esta é uma situação consideravelmente comum. Há vários registros na literatura de espécies migratórias que possuem indivíduos em algumas de suas populações que não migram, ou que esta migração não ocorre com as populações de todas as áreas (Stotz 1996, Sick 1997, Willis & Oniki 2003). Há também espécies que são parcialmente migratórias, sendo que apenas parte de sua população realiza migrações, geralmente curtas em termos de deslocamento horizontal, ou exibem uma migração vertical mais importante que a horizontal (conforme o relevo, Sick 1997). Por isso decidimos categorizar como migratórias apenas aquelas que em nosso estudo compuseram bandos em um período bem determinado do ano. São quatro as espécies migratórias: *Alectrurus tricolor*, exclusivo do campo limpo, que formou bando nos meses de setembro a março; *Elaenia chiriquensis* e *Tyrannus melancholicus* nos campos sujo e campo cerrado, de agosto a janeiro a primeira espécie, e de setembro a fevereiro a segunda; e *Turdus amaurochalinus*, que formou bandos entre agosto e dezembro somente no campo cerrado. O fato de terem formado bandos durante estes períodos citados não quer dizer que elas não estivessem na EEI durante outros meses não citados (i.e. *T.melancholicus*, de julho/agosto até março observ.pess.).

Ao recorrermos à tabela do Anexo 1 podemos perceber uma diferença qualitativa (espécies que formam bandos) entre o campo sujo e o campo cerrado: as espécies que o campo cerrado possui a mais são aquelas características de ambientes semi-florestais ou florestais (i.e. *Thamnophilus torquatus*, *T.doliatus*,

Thraupis sayaca, *Tangara cayana*, e outras). Outro detalhe é a baixa frequência de ocorrência da maioria delas, motivo pelo qual foram categorizadas como seguidoras ocasionais (ver Tabela 3). Ou seja, existe grande chance de serem espécies que vivem em outros ambientes (ou fisionomias) e que utilizam áreas abertas como fonte alternativa de recursos, e quando fazem incursões nestes ambientes, permanecem associadas a bandos mistos por três situações distintas e cumulativas: (i) o hábito de formar bando já é exibido pela espécie em seu habitat preferencial; (ii) as vantagens oferecidas pelos bandos mistos de outros ambiente também é maior que as desvantagens; e (iii) por estar se “aventurando” por áreas pouco conhecidas, geralmente fora de seu território de uso ou território habitual, que costuma ser bem conhecido, é mais vantajoso obter informações das espécies que ali vivem. Um exemplo deste tipo de evento foi registrado por Tubelis (2004, 2006) que estudou a ocorrência sazonal de bandos mistos florestais em cerrado *sensu stricto* de Goiás e do Distrito Federal. Os 43 bandos estudados em seus dois trabalhos eram compostos por espécies características de formações florestais que saíam de matas galeria para forragear em uma savana (cerrado *sensu stricto*). Em ambos os trabalhos, Tubelis registrou bandos com maior frequência no período não-reprodutivo. As médias de riqueza e abundância de indivíduos nos bandos também foram maiores neste período, resultado similar ao encontrado neste trabalho.

Em outro estudo no cerrado, Alves e Cavalcanti (1996) acompanharam 63 bandos mistos de aves em um cerrado *sensu lato* (com predomínio da fisionomia cerrado *sensu stricto*) percorrendo transectos de 1.900 m quatro vezes por mês durante um ano. O tempo de observação de cada grupo variou de 10 min até 45

min (total de 14,09 h). *Suiriri suiriri* que foi registrada como nuclear não esteve presente em nosso estudo. *Neothraupis fasciata* foi a espécie nuclear presente em todos os bandos amostrados. Neste mesmo trabalho os autores compararam aspectos de 63 bandos mistos com 43 bandos monoespecíficos também de *N. fasciata*. Registraram alterações sazonais diferente das registradas em nosso estudo: o maior número médio de espécies por bando ocorreu no início da estação reprodutiva, entre outubro e dezembro. Contudo, a quantidade de bandos observados por hora foi maior nos meses secos.

Em uma área alterada próximo à nossa área de estudo, Ragusa-Netto estudou os benefícios adquiridos por *Furnarius rufus* ao se agregar aos bandos monoespecíficos de *Mimus saturninus* (Ragusa-Netto 1997). O mesmo autor também buscou descrever a importância do comportamento de sentinela em *Saltator atricollis* (Ragusa-Netto 2001) como benefício em seus bandos monoespecíficos em ambientes de campo cerrado. Nesta mesma área, a qual se sobrepõe em partes à área amostrada no presente estudo e é descrita com características semelhantes ao campo cerrado onde coletamos dados, Ragusa-Netto (2000) estudou 30 bandos mistos liderados por *Cypsnagra hirundinacea* e também por *Neothraupis fasciata* com o intuito de verificar possíveis relações entre o grau de alerta (comportamento de sentinela) e a liderança do grupo. Por fim, Ragusa-Netto (2002) investigou durante os anos de 1994 e 1996 as características exibidas pelas espécies nucleares de 225 bandos mistos nessa mesma área de campo cerrado. Quatro foram as espécies nucleares, *S. atricollis*, *C. hirundinacea*, *N. fasciata* e *M. saturninus*, de acordo com o comportamento de sentinela exibido por elas. Estas são as mesmas quatro espécies categorizadas

como líderes verdadeiros em nosso trabalho, indicando a continuidade ao longo do tempo deste padrão. Entretanto, algumas espécies registradas em bandos mistos naquela época não foram encontradas formando bandos em nosso trabalho, como por exemplo: *Suiriri suiriri*, *Elaenia cristata* e *Polystictus pectoralis*. A lista vermelha do estado considera *E.cristata* como vulnerável e *P.pectoralis* como criticamente em perigo (São Paulo 2009). Somando o fato de serem espécies cujos registros estão se tornando raros na EEI e região (Willis & Oniki 2003, Willis 2004, Motta-Júnior et al. 2008), acreditamos que a não participação em bandos mistos se deve primariamente ao possível declínio ou mesmo desaparecimento local das mesmas.

Dentro da mesma área onde realizamos este estudo, a EEI, Willis (2003) cita brevemente a presença de bandos mistos de aves em campos limpos e sujos, apesar de não descrevê-los. Uma consideração interessante feita pelo autor é a de que em alguns locais, após as 9:00 h e outros após as 10:00 h da manhã, visualizar as aves era incomum, a não ser quando se encontrava com um bando misto.

A Estação Ecológica de Itirapina possui uma grande relevância como Unidade de Conservação fora da área nuclear do domínio do Cerrado devido à sua grande riqueza de aves e à proporção de espécies de interesse conservacionista, 16,4% das 231 espécies (Motta-Junior et al. 2008). Neste estudo, das 45 espécies registradas em bandos mistos, nove (20%) possuem alto valor ecológico (Tabela 4). Três delas são líderes verdadeiros nos bandos mistos das áreas campestres.

Tabela 4. Espécies ameaçadas no estado de São Paulo e endêmicas do domínio do Cerrado.

| | Espécies | Status de ameaça |
|---|--------------------------------|-------------------------|
| 1 | <i>Picoides mixtus</i> | Criticamente em perigo |
| 2 | <i>Melanopareia torquata*</i> | Em perigo |
| 3 | <i>Alectrurus tricolor</i> | Criticamente em perigo |
| 4 | <i>Neothraupis fasciata*</i> | Em perigo |
| 5 | <i>Cyspnagra hirundinacea*</i> | Em perigo |
| 6 | <i>Sicalis citrina</i> | Quase ameaçada |
| 7 | <i>Sporophila plumbea</i> | Em perigo |
| 8 | <i>Sporophila bouvreuil</i> | Vulnerável |
| 9 | <i>Saltator atricollis*</i> | Vulnerável |

* Espécies endêmicas do cerrado (Silva 1995, São Paulo 2009, Sigrist 2009).

Status de ameaça segundo o Livro Vermelho do estado de São Paulo (São Paulo 2009).

Considerações finais

Campo limpo, campo sujo e campo cerrado, apesar de se apresentarem distribuídos de forma irregular, em mosaicos e manchas dentro do contexto do cerrado *sensu stricto*, indicaram ter influência significativa tanto nos bandos mistos enquanto grupos, como em várias das espécies que fazem parte destes bandos. É importante lembrar que, apesar das diferenças, a maioria das espécies utilizou os três ambientes, mesmo que em proporções desiguais. Assim, devemos considerar estas três fisionomias campestres distintas entre si, porém complementares quanto ao uso por grande parte dos integrantes dos bandos. Em termos de conservação dos bandos mistos, é necessária a existência de todas elas, geralmente próximas, em mosaicos ou gradientes. Contudo, as diferenças exibidas sugerem que eventuais medidas e intervenções visando o manejo devam levar em consideração as características únicas de cada ambiente.

O período não-reprodutivo que equivale à estação das secas na região apresentou em seus bandos maior quantidade de espécies, de indivíduos, e maior frequência de ocorrência das mesmas. Por ser a época de maior escassez de recursos (i.e. água, artrópodes, frutos, sementes), a importância da formação de bandos e dos benefícios adquiridos desta relação é ainda mais relevante para as espécies. Ainda assim, os bandos mistos de aves ocorreram ao longo de todo ano nas três fitofisionomias estudadas, sempre com a participação de várias espécies típicas destes ambientes. Portanto, a compreensão da dinâmica dos bandos mistos pode contribuir para a conservação de espécies ameaçadas que deles fazem parte, em especial aquelas com maior tendência à participação em bandos.

Nove espécies são listadas como ameaçadas no estado de São Paulo, 20% do total de espécies que formaram bandos mistos.

O presente estudo trouxe algumas contribuições para o conhecimento de processos interativos interespecíficos em ambientes campestres do cerrado brasileiro, especialmente o campo limpo e campo sujo, onde nenhum trabalho anterior havia sido dedicado aos bandos mistos de aves.

Referências bibliográficas

- Alho, C.J.R. 2005. Desafios para a conservação do Cerrado face às atuais tendências de uso e ocupação. *In*: Scarioti, A., Sousa-Silva, J.C. & Felfili, J.M. (Org.) **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA).
- Alves, M.A.S. & Cavalcanti, R.B. 1996. Sentinel behavior, seasonality and structure of bird flocks in a Brazilian savanna. **Ornitologia Neotropical** 7:43-51.
- Ayres, M., Ayres Jr., M., Ayres, D.L. & dos Santos, A.S. 2007. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Sociedade Civil de Mamirauá, CNPq.
- Bencke, G.A.; Mauricio, G.N.; Develey, P.F. & Goerck, J.M. 2006. **Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil. Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica**. Editora SAVE Brasil.
- CBRO (Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos) 2008. **Listas das aves do Brasil**. Versão 05/10/2008. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>> Acesso em: [15/12/2010].
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology** 18:117-143

- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** 1(1): 17-23.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review** 38: 201-341.
- Filgueiras, T.S. 2002. Herbaceous Plant Communities. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R. J (Eds.) **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press.
- Gotelli, N.J. & Ellison, A.M. 2004. **A primer of ecological statistics**. Sunderland, Massachussets: Sinauer Associates.
- Greenberg, R. 2000. Birds of many feathers: the formation and structure of mixed species flocks of forest birds. *In*: Boinski S. & Gerber P.A. (Eds.) **On the Move: How and Why Animals Travel in Groups**. Chicago: University of Chicago Press.
- Hamilton, W.D. 1971. Geometry for the selfish herd. **Journal of Theoretical Biology** 31:295-31.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 9pp. Disponível em <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Accessed: [20/10/2010].
- Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology** 19:707–713.

- Knopf, F.L. 1994. Avian assemblages on altered grasslands. **Studies in Avian Biology** 15:247–257.
- Köppen, W. 1948. **Climatologia**. Fondo de Cultura Económica, México.
- Krebs, C.J. 1999. **Ecological methodology**. 2ªed. Menlo Park, Benjamin/Cummings.
- Kronka, F.J.N.; Nalon, M. A.; Matsukuma, C. K.; Pavão, M.; Guillaumon, J. R.; Cavalli, A. C.; Giannotti, E.; Ywane, M. S. S.; Lima, L. M. P. R.; Montes, J.; Del Cali, I. H. & Haack, P. G. 1998. **Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente.
- Lawton, J.H. 1994. What do species do in ecosystems? **Oikos** 71: 367-374.
- Ledru, M.P. 2002. Late quaternary history and evolution of the Cerrados as revealed by palynological records. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R. J (Eds.) **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press.
- Manly, B.J.F. 2008. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3ª ed. Trad: Carmona, S.I. Porto Alegre: Bookman.
- Manning, A & Dawkins, M.S. 1995. **An introduction to animal behaviour**. Cambridge University Press.
- Morse, D.H. 1970. Ecological aspects of some mixed-species foraging flocks of birds. **Ecological Monographs** 40:119-168.

- Motta-Junior, J.C, Granzinolli, M.A.M. & Develey, P.F. 2008. Aves da estação ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica** 8(3):207-227.
- Munn, C.A. & Terborgh, J.W. 1979. Multi-species territoriality in Neotropical foraging flocks. **Condor** 81: 338-344.
- Odum, E.P. 1989. **Ecology and Our Endangered Life-Support Systems**. Sinauer Associates, Massachussets.
- Oliveira, P.S. & Marquis, R. J (Eds.) 2002.**The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R. J (Eds.) **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press.
- Poulsen, B.O. 1996. Relationships between frequency of mixed-species flocks, weather and insect activity in a montane cloud forest in Ecuador. **Ibis** 138: 466–470.
- Powell, G.V.N. 1979. Structure and dynamics of interspecific flocks in a Neotropical mid-elevation forest.**The Auk** 96: 375-390.
- Powell, G.V.N. 1985. Sociobiology and adaptative significance of interspecific foraging flocks in the Neotropics. **Neotropical Ornithology**. 36: 713–732.

- Ragusa-Netto, J. 1997. Evidence for the possible advantage of heterospecific social foraging in *Furnarius rufus* (Passeriformes: Furnariidae). **Ararajuba** 5: 233–235.
- Ragusa-Netto, J. 2000. Raptors and “campo-cerrado” bird mixed flocks led by *Cypsnagra hirundinacea* (Emberizidae: Thraupinae). **Revista Brasileira de Biologia** 60: 461–467.
- Ragusa-Netto, J. 2001. Sentinels in *Saltator atricollis* (Passeriformes: Emberizidae). **Revista Brasileira de Biol** 61:317–322.
- Ragusa-Netto, J. 2002. Vigilance towards raptors by nuclear species in bird mixed flocks in a Brazilian savannah. **Study on Neotropical Fauna and Environment** 37: 219–226.
- Ricklefs, R.E. & Hainsworth, F.R. 1968. Temperature Dependent Behavior of the Cactus Wren. **Ecology** 49(2): 227-233.
- São Paulo. 2009. **Fauna ameaçada de extinção no estado de São Paulo: vertebrados**. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente.
- Sick, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**. Edição revista e ampliada por J.F. Pacheco, 2001. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira.
- Sigrist, T. 2009. **Iconografia das aves do Brasil: Bioma Cerrado**. Vol.1 Vinhedo: Avis Brasilis.

- Silva, J.M.C. 1995. Birds of the Cerrado region, South America. **Steentrupia** 21:69-92.
- Silva, J.F., Farinas, M.R., Felfili, J.M. & Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography** 33:536–548.
- Serra-Filho, R., Cavalli, A.C., Guillaumon, J.R., Chiarini, J.V. Nogueira, F.P. & Ivancko, C.M.A.M. 1997. **Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- Stotz, D.F., Fitzpatrick J.W., Parker III, T.A. & Moskovits, D.K. 1996. **Neotropical Birds: Ecology and Conservation**. University of Chicago Press.
- Tannus J.L.S. & Assis M.A. 2004. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina – SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 27(3):489-506
- Terborgh, J. 1990. Mixed flocks and polyspecific associations: costs and benefits of mixed groups to birds and monkeys. **American Journal of Primatology** 21: 87–100.
- Thiollay, J.M. 1999. Frequency of mixed species flocking in tropical Forest birds and correlates of predation risk: an intertropical comparison. **Journal of Avian Biology** 30(3): 282-294.

- Tilman, D. 1982. **Resource competition and community structure**. Princeton University Press, Princeton.
- Tubelis, D.P. 2004. Species composition and seasonal occurrence of mixed-species flocks of forest birds in savannas in central Cerrado, Brazil. **Ararajuba** 12: 105–111.
- Tubelis, D.P., Cowling, A. & Donnelly, C. 2006. The role of mixed-species flocks in the use of adjacent savannas by forest birds in central Cerrado, Brazil. **Austral Ecology** 31: 38–45.
- Tubelis, D.P. 2007. Mixed-species flocks of birds in the Cerrado, South America: a review. **Ornitologia Neotropical** 18: 75–97.
- Vickery, P.D. & Herkert, J.R. 1999. Ecology and Conservation of grassland birds of the Western Hemisphere. **Studies in Avian Biology** no.19.
- Vickery, P.D. & Herkert, J.R. 2001. Recent advances in grassland bird research: where do we go from here? **The Auk** 118(1): 11-15.
- Willis, E.O. & Oniki, Y. 2003. **Aves do estado de São Paulo**. Rio Claro: Divisa.
- Willis, E.O. 2004. Birds of a habitat spectrum in the Itirapina Savanna, São Paulo, Brazil (1982-2003). **Brazilian Journal of Biology** 64(4): 901-910.
- Zanchetta, D. & Diniz, F.V. 2006. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista do Instituto Florestal** 18: 1-14.

Zanchetta, D.; Silva, C.E.F.; Reis, C.M.; Silva, D.A.; Luca, E.F.; Fernandes, F.S.; Lutgens, H.D.; Tannus, J.L.S.; Pinheiro, L.S.; Martins, M.R.C. & Sawaya, R. 2006. **Plano de Manejo Integrado - Estações Ecológica e Experimental de Itirapina**. Instituto Florestal, São Paulo.

Zar, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Capítulo II

Influência do fogo em bandos mistos de aves em um “campo sujo”

Resumo

A compreensão da dinâmica do fogo torna-se importante na medida em que as queimadas são perturbações periódicas e praticamente inevitáveis, podendo alterar padrões e processos ecológicos. Objetivamos identificar os efeitos do fogo na estrutura de bandos mistos de aves em áreas de “campo sujo” na Estação Ecológica de Itirapina, porção sul da distribuição do domínio do Cerrado, estado de São Paulo. A queimada ocorreu em 9 de julho de 2009. Os dados foram coletados em três áreas (área queimada, área adjacente a esta, e área controle) desde abril até outubro do mesmo ano. Registramos 29 espécies em 206 bandos mistos seguidos durante este estudo. Os bandos mistos das áreas não perturbadas mostraram-se estáveis quanto às variáveis analisadas. Na área queimada houve variações nos períodos pós-fogo, e a recuperação dos padrões se deu com o tempo. A área adjacente sofreu um aumento no número de espécies e indivíduos nos bandos ao mesmo tempo em que a área queimada indicou redução logo após o fogo. As distâncias percorridas pelos bandos durante seus deslocamentos foram significativamente diferentes entre as áreas no período pós-fogo, evidenciando a mudança na forma dos bandos em explorar o ambiente. As espécies responderam distintamente às variações ambientais. A relação linear existente entre a adição de espécies no bando, e a quantidade de indivíduos, se alterou conforme a área em que os bandos mistos foram encontrados após o fogo.

Palavras-chave: Áreas abertas. Avifauna. Bandos mistos. Cerrado. Grupos heteroespecíficos. Queimadas. Perturbações.

Abstract

The comprehension of fire dynamics becomes important as burnings in natural areas are periodic and almost unavoidable disturbances, which can alter ecological patterns and process. We aimed to indentify fire effects on structure of bird mixed-flocks in a shrubby-grassland area of Itirapina Ecological Station, Southern Cerrado domain, São Paulo state. The fire event occurred on 9th July, 2009. We surveyed three areas (burnt area, surrounding area and control) since April to October. We found 29 species in 206 mixed flocks recorded during this study. Mixed-flocks of undisturbed area showed a low variability in variables analyzed. In burnt area there were variations in post-fire periods, and a recovery of patterns appeared through time. The adjacent area suffers an increase of species and individuals in flocks, while the burnt area loses both in the first post-fire period. Mean distance of flock displacements were different within areas. Species responded differently both to environmental and mixed-flock exploring behaviour shifts. Our linear models indicate variations in the relationship between species addition and overall abundance of mixed-flocks within areas.

Key-words: Birds. Burnings. Cerrado. Heterospecific flocks. Mixed-flocks. Open areas.

Introdução

Ecólogos têm aplicado grande esforço para analisar como os distúrbios ecológicos contribuem na estruturação das comunidades biológicas (Clavero et al. 2010). Incêndios em áreas nativas impõem restrições ao meio biótico que acabam por influenciar padrões e processos essenciais para os ecossistemas (Pons & Bas 2005). Os incêndios naturais são distúrbios periódicos e praticamente inevitáveis em vários ecossistemas do mundo, cujos efeitos em diversos grupos viventes vêm sendo estudados, como por exemplo, em plantas (Drewa et al. 2002, Syphard et al. 2006), insetos (Swengel 2001), herpetofauna (Russel et al. 1999), mamíferos (Fisher & Wilkinson 2005), aves (Smucker et al. 2005, Pons & Clavero 2010).

O domínio fitogeográfico do Cerrado em toda sua grande extensão compreende diversos tipos vegetação, desde campos abertos até formações florestais e áreas úmidas (Coutinho 1978, Silva & Bates 2002). É também considerado um *hotspot* mundial de diversidade, com prioridade para conservação (Myiers et al. 2000). Fisionomias vegetais abertas, como os campos, estão sujeitas a um regime natural de fogo (Eiten 1972, Coutinho 1990, Hoffmann & Moreira 2002), enquanto savanas mais fechadas e ambientes florestais são menos suscetíveis (Coutinho 1990). Além dos incêndios naturais, o fogo antrópico é um evento comum e crescente em grande parte do Brasil, apesar dos avanços na tecnologia aplicada na agricultura (como forma alternativa ao uso do fogo) e das leis que protegem áreas naturais (Stotz et al. 1996, Klink & Machado 2005).

Esta situação pode levar a um cenário de mudanças ecológicas grandes e possivelmente irreversíveis (Durigan et al. 1994, Machado et al. 2004). A frequência dos incêndios determinam a intensidade de seus efeitos tanto em animais (Cavalcanti & Alves 1997, Pivello 2005) como em plantas (Hoffmann 1999, Durigan et al. 2003).

Apesar do fogo destruir parte da vegetação, infligir ferimentos ou matar indivíduos, e inclusive alterar a fenologia das plantas, a disponibilidade de insetos e outros recursos utilizados pelas aves, determinadas mudanças em padrões e processos podem trazer benefícios e oferecer novas oportunidades a alguns organismos (Hoffmann & Moreira 2002, Macedo 2002). Estudos que focam no efeito do fogo sobre a avifauna são raros (Macedo 2002). Estes estudos analisaram principalmente as mudanças na composição e abundância da assembléia local de aves (Marini & Cavalcanti 1996, Cavalcanti & Alves 1997), ou notificaram detalhes da história natural de algumas espécies (Parker & Willis 1997). Nenhum estudo anterior focou no efeito do fogo sobre o comportamento envolvendo interações entre espécies.

A formação de bandos heteroespecíficos foi registrada em diversos ecossistemas ao redor do mundo, e envolve os mesmos fatores de indução ao agrupamento e coesão do grupo (Morse 1977, Jullien & Thiollay 1998). Este fenômeno, também chamado de bandos mistos, pode ser descrito como um agrupamento social multi-específico no qual ocorrem inúmeras interações interespecíficas ao mesmo tempo em áreas consideravelmente pequenas (Powell 1985). As vantagens obtidas pelos participantes são principalmente duas, o aumento da eficiência de forrageio e a redução do risco de predação,

fatores estes que levam as espécies a formarem bandos (Munn & Terborgh 1979, Powell 1985, Stotz 1993, Alves & Cavalcanti 1996, Develey 2001).

Os estudos sobre bandos mistos focaram principalmente na composição, em flutuações sazonais (Powell 1985, Poulsen 1996, Tubelis 2004), em espécies nucleares e seus comportamentos de liderança e sentinela (Ragusa-Netto 2000, 2001 e 2002), no comportamento de forrageio e risco de predação (Morse 1977), em experimentos de remoção e adição de espécies (em ambientes temperados somente, Dolby & Grubb 1999), em variações entre ambientes distintos (Stotz 1993, Tubelis 2004), no efeito de borda relacionado à intervenção antrópica (Develey & Stouffer 2001), na relação com a disponibilidade de alimentos (Terborgh 1990, Poulsen 1996, Develey & Peres 2000) e até mesmo em regras de assembléia que possivelmente contribuem com a estruturação dos bandos (Graves & Gotelli 1993). A maioria destes trabalhos foi realizada em ambientes florestais do Neotrópico ou da América do Norte. No domínio do Cerrado os poucos estudos foram conduzidos em mata-galeria na borda de um cerrado *sensu stricto* (Tubelis 2004, 2006), em cerrado *sensu stricto* com presença de formações pouco mais abertas (Alves & Cavalcanti 1996) e em campo cerrado (Ragusa-Netto 2000, 2002).

O presente estudo tem como objetivo identificar os efeitos do fogo em padrões estruturais de bandos mistos de aves em uma fisionomia campestre de cerrado, o campo sujo, na Estação Ecológica de Itirapina, porção sul da

distribuição do domínio do Cerrado, centro do estado de São Paulo. Nossa principal hipótese é a de que o fogo altera a estrutura dos bandos mistos de aves. Nós também acreditamos que as mudanças ocorrem de maneira diferenciada entre as espécies.

Material e métodos

Área de estudo

Nossa área de estudo está situada dentro da Estação Ecológica de Itirapina (EEI). Esta Unidade de Conservação ocupa cerca de 2.300 ha entre os municípios de Brotas e Itirapina (coordenadas: 22°11'S - 22°15'S; e 47°51'O - 47°57'O), centro do estado de São Paulo. Existe em anexo a ela uma área também destinada à preservação, com cerca de 300 ha de campos cerrados, cerrado *sensu stricto* e áreas úmidas, sob administração do CHREA / EESC - USP (Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo; Zancheta et al. 2006).

A área incendiada corresponde a 310 ha, cerca de 13% de toda a EEI. O fogo se iniciou em um campo sujo composto por gramíneas e arbustos (1-2 m altura), e árvores esparsas (2-4 m altura) e se espalhou até ser contido por funcionários da UC em uma parte da borda da área por onde o fogo avançava, por um aceiro em outra porção dessa borda, e por um campo úmido (área administrada pela USP) que teve a parte de sua extensão mais seca incendiada. A fisionomia de interesse neste trabalho, o campo sujo, correspondeu a 88% de toda a área incendiada, aproximadamente 275 ha. O incêndio se iniciou em nove de julho de 2009 e durou dois dias se considerarmos os pequenos focos e as brasas. Funcionários e gestores da UC acreditam ter sido um incêndio criminoso, apesar de incêndios naturais também ocorrerem. O fator de ignição do fogo na natureza, que inicia incêndios na vegetação, são raios e tempestades de

relâmpago que ocorrem principalmente na estação chuvosa, de setembro a março (França et al. 2007), o que torna a idéia da origem antrópica do fogo mais plausível. O último incêndio registrado na mesma área aconteceu a mais de três anos e foi comparativamente menos intenso. É esperado que em savanas e ambientes campestres do Cerrado o fogo natural ocorra em intervalos de 2 a 4 anos (França et al. 2007).

Coleta de dados

A área queimada pelo fogo (AF), que corresponde ao campo sujo, ocupa 275 ha. Coletamos dados em outras duas áreas de campo sujo: área adjacente (AA), a qual circunda parte da borda com a área queimada; e área controle (AC), estruturalmente similar à área queimada pelo fogo, porém localizada a 3,5 Km de distância fora da influência do incêndio em questão. A área adjacente e a controle possuem uma extensão total maior que a área do fogo. Para permitir comparações sem viés, delimitamos um contorno nestas duas áreas de modo que os transectos a serem percorridos ocupassem os mesmos 275 ha da AF. Os transectos da AA não puderam ser tão lineares quanto os da AF ou AC, pois a premissa de ser uma área realmente adjacente àquela incendiada não permitiu que sua forma fosse arredondada ou quadrada, mas sim como uma ferradura que circunda a parte da AF que faz divisa com campo sujo. Os transectos foram percorridos do nascer do sol até as 11:30 h, e das 14:00 h até o pôr do sol. Todos os transectos foram marcados a pelo menos 50 m de possíveis bordas com

diferentes habitats. As fisionomias mais próximas das áreas de coleta são: campo cerrado, campo limpo e campo úmido com sua borda incendiada.

Os dados utilizados neste estudo vêm de campanhas de campo realizadas entre abril e outubro de 2009. O incêndio ocorreu em nove de julho de 2009. Dividimos nossas amostras em quatro períodos distintos: (T.0) antes do evento do fogo, nos meses de abril, maio e junho; (T.1f) de seis a 13 dias logo após o incêndio, em julho, período de maior influência temporal do fogo; (T.2) de 25 a 33 dias após o fogo em agosto; (T.3) de 50 a 57 dias depois do fogo, setembro.

Devido à mudança entre as estações não-reprodutiva e reprodutiva, e também devido ao início das chuvas, descartamos os dados sobre bandos mistos em outubro para todas as áreas. Comportamentos reprodutivos, como a nidificação, ocupam mais tempo e esforço a partir desta época, e levam ao decréscimo de espécies e de indivíduos nos bandos (Poulsen 1996, Tubelis 2004). As chuvas que se iniciam em outubro aceleram a recomposição da vegetação (Filgueiras 2002), outro fato que poderia comprometer a confiabilidade de nossas análises.

Bandos mistos

Um bando misto de ave é caracterizado por indivíduos de duas ou mais espécies, espacialmente próximas, interagindo no espaço e no tempo, sem que haja uma fonte de recursos como atrativo (Terborgh 1990). Quando um grupo de

duas ou mais espécies era encontrado, iniciávamos o acompanhamento com cronômetro. Se nenhuma fonte de recurso fosse responsável pela proximidade das espécies, todas se deslocavam em conjunto e pelo menos uma delas exibia comportamento de sentinela, começávamos a registrar o bando misto e descartávamos os 10 min iniciais. Ao contrário, parávamos a observação e continuávamos a busca a partir do último ponto ao longo do transecto.

Para cada bando acompanhado, registramos a composição de espécies, o número de indivíduos, o comportamento e a distância que os bandos percorriam durante a movimentação nos habitats. Os dados vêm somente de bandos mistos acompanhados por mais de 30 min. Quando um bando se deslocava para fora dos limites da área amostrada, e entrava em outra fisionomia, descartávamos os dados se ainda não tivesse completado os 30 min. As distâncias percorridas pelos bandos foram registradas durante o intervalo de 100 min no período mais próximo do incêndio (T.1f, semana seguinte ao evento).

As espécies foram classificadas segundo, o papel desempenhado no bando, em: (1) Líderes verdadeiros: desempenharam papel de guia do bando (e exibiram comportamento de sentinela) em pelo menos 70% dos bandos que integraram; (2) Líderes/seguidores: exibiram liderança de 30% a 70% dos bandos que fizeram parte; (3) Seguidores verdadeiros: geralmente apenas seguiam os bandos, apesar de que algumas espécies exibiram comportamento de espécie nuclear em no máximo 29% dos bandos; (4) Seguidores ocasionais: são espécies que integram no máximo 15% de todos os bandos amostrados, e sempre como seguidoras. A categoria das espécies migratórias não foi considerada neste

trabalho, pois tentamos evitar a influência do período reprodutivo (época das chuvas). A nomenclatura das aves segue CBRO (2008).

Análise

Os bandos mistos (unidades amostrais) foram agrupados por área e por período (tratamentos). A normalidade e igual variância dos dados de frequência de ocorrência (FO), número de espécies ou indivíduos nos bandos, e para as distâncias percorridas durante os deslocamentos, foram testadas por meio do teste de Shapiro-Wilk (Zar 1999) e Lilliefors (Ayres et al. 2007). Comparamos os grupos de tratamentos usando ANOVA um critério (Gotelli & Ellison 2004), e as outras variáveis utilizando o teste-*t* de Student (“two-tailed test”, Zar 1999). Quando a normalidade ou igual variância não eram encontradas no conjunto de dados, utilizamos testes não-paramétricos análogos, teste de Kruskal-Wallis (Zar 1999) para os tratamentos e o teste de Mann-Whitney (também conhecido como Wilcoxon-rank-sum test) para as médias entre duas amostras univariadas (Gotelli & Ellison 2004).

Os dados gerais de composição e abundância específica em cada grupo foram utilizados para identificar qual espécie contribuiu mais com a variação dos bandos entre as áreas e os períodos, por meio do método SIMPER (porcentagem de similaridade, Clarke 1993). O valor de dissimilaridade geral obtido, que representa a variação total e cada espécie contribui com parte dela, é calculado com base na ANOSIM (análise de similaridade) utilizando o índice de distância de

Bray-Curtis implícito no método SIMPER do pacote estatístico PAST (Hammer et al. 2001).

A relação entre a adição de espécies e o aumento de indivíduos foi considerada uma variável de interesse, pois além de caracterizar conjuntos de bandos mistos de uma dada área e/ou período, permite a modelagem. Utilizamos modelos lineares (Ayres et al. 2007) para descrever as situações distintas em que os bandos mistos foram acompanhados.

Resultados

Registrámos 29 espécies em 206 bandos mistos acompanhados (72 destes bandos foram utilizados para compor as 337 amostras analisadas no Capítulo 1). Os dados resumidos na Tabela 1 indicam que a área queimada (AF) foi aquela cuja riqueza máxima observada em cada um dos quatro períodos se alterou consideravelmente. A recomposição do valor inicial pôde ser observada ao longo dos períodos, mas em dois meses não retornou à condição antes do fogo.

Tabela 1. Número de amostras (bandos mistos acompanhados), número médio de espécies e de indivíduos por bando, e riqueza total de espécies que formaram bandos, detalhados por área e por período (tratamentos) em cada tratamento. O período em contraste (cinza) corresponde à semana seguinte ao fogo.

| | Área queimada (AF) | | | | Área adjacenta (AA) | | | | Área controle (AC) | Total |
|-------------------------------|--------------------|-------|------|------|---------------------|-------|-------|-------|------------------------|------------|
| | T.0 | T.1f | T.2 | T.3 | T.0 | T.1f | T.2 | T.3 | | |
| Bandos mistos | 20 | 14 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 | 72 (18 por período) | 206 |
| Média de espécies por bando | 10,15 | 4,43 | 5,94 | 9,53 | 10,82 | 13,29 | 11,53 | 11,25 | 11,05 | |
| Média de indivíduos por bando | 26,7 | 12,79 | 17 | 24 | 29,53 | 40,94 | 31,65 | 28,69 | 29,66 | |
| Riqueza máxima amostrada | 29 | 15 | 19 | 24 | 29 | 28 | 28 | 28 | 29 | 29 |

O incêndio ocorreu dia nove de julho de 2009. Antes do fogo: **T.0** = abril, maio e junho. Após o incêndio: **T.1f** = 6 a 13 dias depois. **T.2** = 25 a 33 dias depois. **T.3** = 50 a 57 dias depois.

A área controle (AC) não indicou variação na frequência de ocorrência (FO) das espécies ao longo dos quatro períodos ($F = 0,517$ e $p = 0,67$). A FO em bandos mistos do período inicial (antes do fogo, T.0) não variou entre as áreas ($F = 0,895$ e $p = 0,35$). Além disso, todos os períodos da AC se mostraram similares quando comparados com o T.0 em todas as quatro áreas ($F = 1,117$ e $P = 0,35$). Portanto, podemos considerar o período T.0 de todas as áreas como similar a todos os períodos da AC.

Na área queimada (AF), além da variação no número absoluto de espécies observadas (Tabela 1), identificamos que a composição (presença/ausência) das espécies nos bandos foi dependente do período amostrado ($H = 19,64$ e $p = 0,0002$). Este resultado geral se deveu principalmente às diferenças observadas na AF entre T.0 e T.1f, entre T.0 e T.2; e também entre T.3 e T.1f. Também encontramos mudanças nos padrões de FO das espécies ao longo dos períodos na AF ($H = 15,59$ e $p = 0,0013$), sendo que as diferenças apenas não foram encontradas entre T.0 e T.3, e entre T.1f e T.2.

A área adjacente (AA) não revelou diferenças entre os períodos ao considerarmos a frequência de ocorrência (FO), uma das variáveis estruturais mais relevantes ($F = 0,744$ e $p=0,53$). Quando comparamos o controle (similar ao T.0) com o T.1f, as amostras deste último revelaram aumento significativo no número médio de espécies por bando ($t = 3,62$ e $p = 0,001$), e no número médio de indivíduos por bando ($t = 6,46$ e $p < 0,0001$).

Três espécies foram consideradas líderes verdadeiros, cinco espécies alternaram seu comportamento entre líder/seguidor, e 14 espécies são seguidores verdadeiros (Tabela 2). Seis espécies seguiram o bando apenas ocasionalmente (máximo de 15% dos bandos). A frequência de ocorrência em bandos mistos das espécies está detalhada na Tabela 2 para os três períodos pós-fogo na área queimada, para a área controle levando em consideração todos os períodos (uma vez que não encontramos diferença significativa entre os mesmos), e para a área adjacente apenas o período que sofreu as alterações mais significativas (T.1f). Nessa mesma tabela encontram-se os valores específicos da contribuição com a dissimilaridade geral. Consideramos para esta análise todos os períodos da área queimada (AF) e os bandos controle (os quais não sofreram quaisquer alterações verificáveis). A dissimilaridade geral foi de 63,75%. As espécies com os menores valores foram aquelas mais afetadas pelo fogo uma vez que este procedimento estatístico leva em consideração a contribuição individual em cada bando (amostra).

Tabela 2. Espécies de aves (nome comum e científico, de acordo com CBRO 2008) agrupadas de acordo com o papel desempenhado nos bandos mistos, e seus respectivos valores de frequência de ocorrência em alguns períodos e áreas selecionados. A última coluna indica a porcentagem com que cada espécie contribuiu com a dissimilaridade geral (diferenças observadas) entre amostras selecionadas (ver texto).

| | | | Frequência de Ocorrência | | | | | SIMPER (63,75%) |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------|------|------|-----------|--------------------|
| | | | Área queimada | | | AA | Controle | |
| | | | T.1f | T.2 | T.3 | T.1f | T.0 – T.3 | |
| Líderes verdadeiros | | | | | | | | |
| 1 | bico-de-pimenta | <i>Saltator atricollis</i> | 0.5 | 0.5 | 0.65 | 0.88 | 0.78 | 6.46 |
| 2 | cigarra-do-campo | <i>Neothraupis fasciata</i> | 0.43 | 0.56 | 0.59 | 0.71 | 0.68 | 4.57 |
| 3 | bandoleta | <i>Cypsnagra hirundinacea</i> | 0.29 | 0.38 | 0.59 | 0.76 | 0.67 | 3.62 |
| Líderes/Seguidores | | | | | | | | |
| 4 | sabiá-do-campo | <i>Mimus saturninus</i> | 0.21 | 0.31 | 0.35 | 0.59 | 0.40 | 4.36 |
| 5 | arapaçu-do-cerrado | <i>Lepidocolaptes angustirostris</i> | 0.07 | 0.13 | 0.29 | 0.71 | 0.49 | 1.92 |
| 6 | papa-formiga-verdadeiro | <i>Formicivora rufa</i> | 0 | 0 | 0.41 | 0.65 | 0.56 | 2.32 |
| 7 | canário-do-campo | <i>Emberizoides herbicola</i> | 0.29 | 0.44 | 0.53 | 0.76 | 0.67 | 3.36 |
| 8 | tico-tico-rei | <i>Coryphospingus cucullatus</i> | 0.57 | 0.56 | 0.47 | 0.65 | 0.49 | 4.81 |
| Seguidores verdadeiros | | | | | | | | |
| 9 | tico-tico | <i>Zonotrichia capensis</i> | 0.86 | 0.81 | 0.82 | 0.88 | 0.69 | 4.48 |
| 10 | tico-tico-do-campo | <i>Ammodramus humeralis</i> | 0.43 | 0.38 | 0.53 | 0.71 | 0.49 | 2.31 |
| 11 | tiziu | <i>Volatinia jacarina</i> | 0.21 | 0.25 | 0.41 | 0.47 | 0.43 | 3.84 |
| 12 | coleirinho | <i>Sporophila caerulea</i> | 0.21 | 0.25 | 0.35 | 0.29 | 0.39 | 2.60 |
| 13 | tapaculo-de-colarinho | <i>Melanopareia torquata</i> | 0 | 0 | 0.24 | 0.65 | 0.47 | 1.31 |
| 14 | corruíra | <i>Troglodytes musculus</i> | 0.14 | 0.13 | 0.41 | 0.47 | 0.44 | 1.45 |
| 15 | risadinha | <i>Camptostoma obsoletum</i> | 0.07 | 0.19 | 0.35 | 0.47 | 0.44 | 1.49 |
| 16 | alegrinho | <i>Serpophaga subcristata</i> | 0 | 0 | 0 | 0.41 | 0.24 | 0.69 |
| 17 | uí-pi | <i>Synallaxis albescens</i> | 0 | 0.25 | 0.47 | 0.47 | 0.56 | 1.93 |
| 18 | joão-teneném | <i>Synallaxis spixi</i> | 0 | 0 | 0.24 | 0.35 | 0.31 | 1.17 |
| 19 | pica-pau-anão-escamado | <i>Picumnus albosquamatus</i> | 0 | 0 | 0.24 | 0.47 | 0.32 | 1.13 |
| 20 | pica-pau-chorão | <i>Picoides mixtus</i> | 0 | 0.19 | 0.18 | 0.53 | 0.39 | 1.34 |
| 21 | pia-cobra | <i>Geothlypis aequinoctialis</i> | 0 | 0 | 0 | 0.29 | 0.19 | 0.86 |
| 22 | bico-de-veludo | <i>Schistochlamys ruficapillus</i> | 0 | 0.19 | 0.47 | 0.47 | 0.43 | 2.10 |
| 23 | guaracava-de-barriga-amarela | <i>Elaenia flavogaster</i> | 0.07 | 0.19 | 0.24 | 0.35 | 0.29 | 1.62 |
| Seguidores ocasionais | | | | | | | | |
| 24 | caboclinho | <i>Sporophila bouvreuil</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04 | 0.23 |
| 25 | patativa | <i>Sporophila plumbea</i> | 0 | 0 | 0 | 0.06 | 0.11 | 0.50 |
| 26 | canário-rasteiro | <i>Sicalis citrina</i> | 0 | 0 | 0.18 | 0.06 | 0.10 | 1.27 |
| 27 | típio | <i>Sicalis luteola</i> | 0 | 0 | 0.29 | 0.06 | 0.13 | 0.74 |
| 28 | joão-de-barro | <i>Furnarius rufus</i> | 0.07 | 0.19 | 0.24 | 0.06 | 0.11 | 0.96 |
| 29 | Maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado | <i>Myiarchus tyrannulus</i> | 0 | 0.06 | 0 | 0.06 | 0.06 | 0.30 |

O incêndio ocorreu dia nove de julho de 2009. Antes do fogo: **T.0** = abril, maio e junho. Após o incêndio: **T.1f** = 6 a 13 dias depois. **T.2** = 25 a 33 dias depois. **T.3** = 50 a 57 dias depois. **AA** = área adjacente.

Encontramos diferenças na distância percorrida pelos bandos durante os deslocamentos dos grupos no período T.1f (Figura 1). O padrão de deslocamento dos bandos mistos na área que foi incendiada se mostrou significativamente diferente da área controle ($U = 944,5$ e $p < 0,0001$) e também da área adjacente ($U = 748$ e $p < 0,0001$). Deslocamentos nas áreas AC e AA não se diferiram ($U = 1010,5$ e $p = 0,1383$).

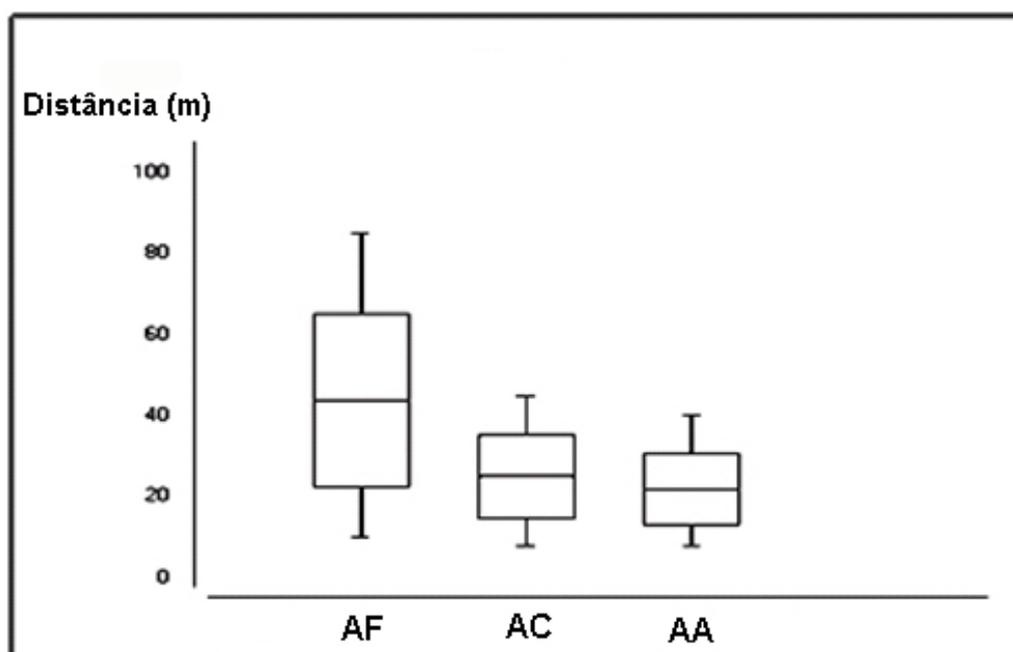


Figura 1. Distância percorrida pelos bandos mistos no período T.1f (de 6 a 13 dias após o incêndio) durante os deslocamentos. AF = Área queimada. AC = Área controle. AA = Área adjacente.

De acordo com as análises anteriores, podemos perceber três situações mais distintas em que os bandos mistos são encontrados. Estes três cenários são descritos a seguir de forma genérica: (i) área recém-queimada; (ii) área adjacente à área queimada, logo após o incêndio; e (iii) uma área de campo sujo natural que não sofre com queimadas a pelo menos três anos. Investigamos estas três situações por meio da relação que existe entre o número de indivíduos por bando, e o número de espécies por bando, e obtivemos três correlações lineares.

O melhor modelo linear que descreve a relação entre o número de espécies e o número de indivíduos formando bandos em áreas de campo sujo não perturbadas pelo fogo (AC) é representado pela equação $Y = 7,17 + 1,98 * X$ ($R^2 = 0,6133$; $F = 111,01$; $p \leq 0,0001$; Figura 2). O número médio de espécies por bando foi 11,05 ($DP \pm 2,23$) e de indivíduos 29,66 ($DP \pm 5,65$) em 72 bandos observados (Tabela 1).

Os bandos mistos observados no campo sujo que foi queimado, uma semana após um incêndio (AF no T1.f), têm a relação número de espécies *versus* indivíduos por bando melhor descritos pela equação linear $Y = 3,40 + 2,11 * X$ ($R^2 = 0,6122$; $F = 18,94$; $p = 0,0012$; Figura 3). O número médio de aves por bando misto observado ($n=14$) foi 4,43 ($DP \pm 1,69$) e a abundância total no bando 12,79 ($DP \pm 4,59$).

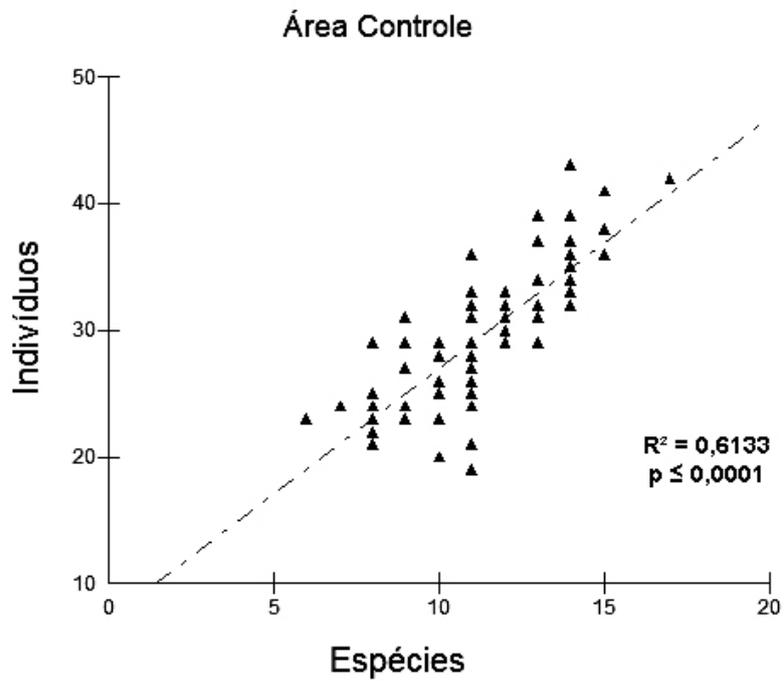


Figura 2. Relação entre o número de espécies e a abundância de indivíduos em bandos da área controle.

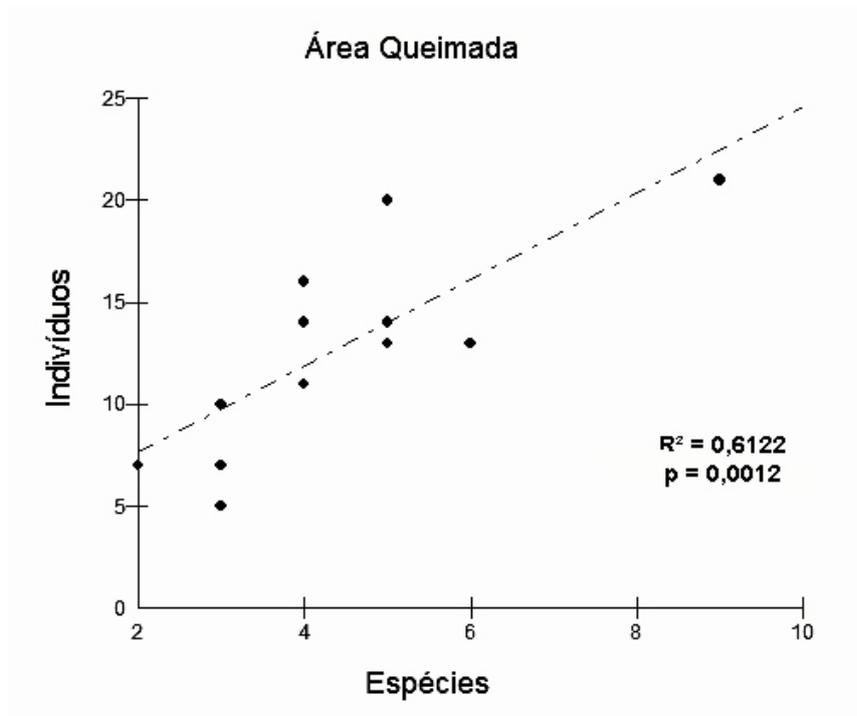


Figura 3. Relação entre o número de espécies e a abundância de indivíduos em bandos observados na área queimada.

Quanto à área adjacente (AA) à área queimada no tempo T.1f apresentou uma relação entre o número de espécies que formam bandos e a abundância de todas elas que pôde ser descrita pela seguinte equação: $Y = 10,72 + 2,27 * X$ ($R^2 = 0,8274$; $F = 71,93$; $p \leq 0,0001$; Figura 4). O número médio de espécies foi 13,29 (DP $\pm 2,25$) e a abundância média 40,94 (DP $\pm 5,63$), em $n = 17$ bandos mistos observados.

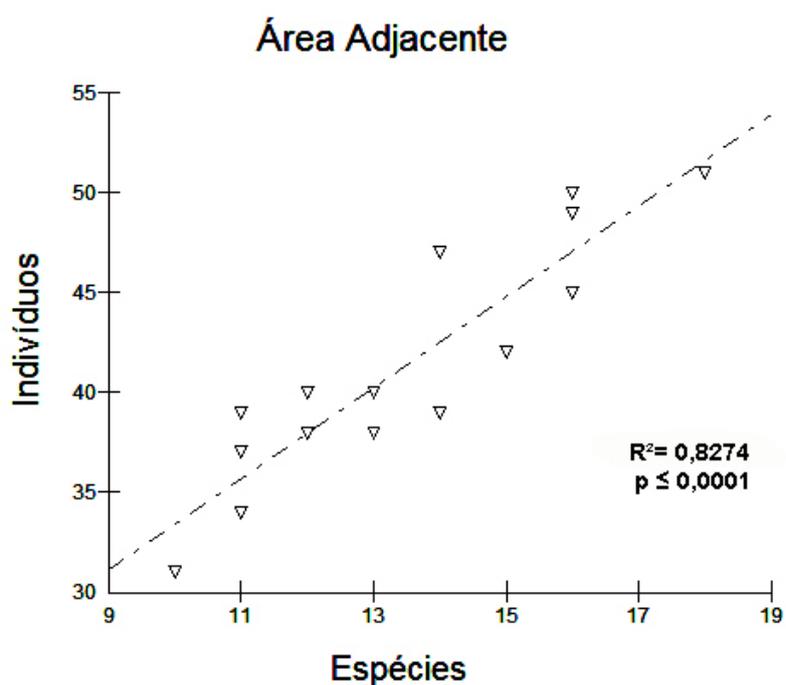


Figura 4. Relação entre o número de espécies e abundância de indivíduos observados em bandos mistos na área adjacente à área onde ocorreu o fogo.

Discussão

A princípio, a análise dos bandos mistos da área controle (AC) indicou a presença de bandos mistos estáveis em campo sujo. Não houve variações significativas na composição dos bandos e nem na tendência das aves de se juntarem a eles (frequência de ocorrência, FO). O número médio de indivíduos e espécies por bando também não variou com o tempo.

Como esperávamos, as características de todas as áreas no período anterior ao fogo (T.0) foram similares a todos os períodos da AC. Assim, todas estas situações podem ser consideradas como exemplos de áreas não perturbadas pelo fogo. Também pode ser dito que esta alta similaridade verificada torna o teste da hipótese do efeito do fogo mais confiável. Apesar dos ambientes amostrados serem naturalmente dinâmicos em inúmeras escalas, as variáveis analisadas puderam assumir um grupo controle real, e os tratamentos de interesse (AF e AA) derivaram da mesma população (daí a alta similaridade em todos os aspectos analisados).

Os bandos mistos de áreas que sofreram severas alterações pelo fogo mostraram uma clara tendência de se recuperar ao longo do tempo. A riqueza máxima nas áreas foi 29 espécies. Na semana seguinte ao fogo, 51,71% deste total fez uso da área queimada. Um mês depois, a proporção subiu para 65,51% e cerca de dois meses após o incêndio, 82,75% das espécies voltaram a formar bandos mistos na área queimada. Mesmo as espécies que conseguiram se aproveitar deste ambiente e continuaram formando bandos mistos revelaram uma

diminuição em suas freqüências de ocorrência. Resultado complementar indica que, em média, os bandos mistos após o fogo eram compostos por menos espécies e menos indivíduos (do que esta mesma área antes do fogo, e do que a área controle em qualquer ou todos os períodos). Mas estas médias foram aumentando na área incendiada ao longo do tempo, também indicando recuperação. Resultados nesta direção eram esperados, pois se sabe que alguns ecossistemas característicos do Cerrado apresentam alta resiliência ecológica, evidenciada por estudos focados em diferentes assembleias ecológicas (Durigan et al. 1994, Marini & Cavalcanti 1996, Cavalcanti & Alves 1997, Macedo 2002). Assim, a tendência à recuperação de alguns aspectos ecológicos dos bandos mistos ao longo do tempo, e principalmente a velocidade, podem ser tomados como pequenos exemplos do processo de resiliência de ambientes do Cerrado.

Na área adjacente ao incêndio, onde não eram esperados efeitos significativos do fogo, os bandos mistos alteraram seus padrões nos períodos subseqüentes ao incêndio. Contudo, estes padrões tenderam a se normalizar ainda mais rápido do que os da área queimada. A estrutura dos bandos mistos de aves continuou a mesma entre os períodos, e se comparada com o controle. Entretanto, no período T.1f houve um aumento considerável do número médio de indivíduos por bando, e em menor escala, mas ainda assim significativo, houve aumento do número de espécies.

Mais espécies com mais indivíduos se juntando aos bandos é um efeito interessante que será abordado sob dois aspectos: os incêndios podem levar as aves sobreviventes a utilizar em maior proporção as áreas vizinhas; e estas áreas podem suportar ente aumento da exploração de recursos pelos bandos mistos.

Dessa forma, o aumento da quantidade de espécies e indivíduos nos bandos pôde indicar que a formação de bandos nesta situação dependeu mais de quantas e quais aves estão presentes neste determinado local e tempo, e da tendência específica delas à formação de bandos, do que necessariamente de fatores ambientais específicos desta área. Sabemos que ela era similar ao controle, e também à sua área vizinha antes do fogo. Assim, o fato de seus bandos mistos terem “inflado” pode indicar considerável capacidade suporte dos campos sujos.

Ao analisarmos a contribuição específica das espécies para a dissimilaridade geral entre os grupos de amostras por meio do método SIMPER, percebemos que os valores mais altos (Tabela 2) caracterizavam exatamente as espécies que, em campo, eram vistas aproveitando de forma mais intensa os recursos em meio às cinzas e carvão. Isto ocorre pelo fato de o método de análise levar em consideração o quanto a variação de uma única espécie contribui para a caracterização das diferenças dentro dos tratamentos (área e período) e entre eles. Assim, a espécie *Saltator atricollis* obteve o maior valor, indicando que esta é a espécie que mais caracteriza bandos mistos. Devido ao fato de termos utilizado bandos mistos de áreas e períodos específicos, que abrangem o contexto de um incêndio, uma área adjacente e outra sem influência (análogo a um gradiente de perturbação), também podemos dizer que *S. atricollis*, de todas as espécies que formaram bandos mistos neste contexto, foi a que mais se beneficiou do evento, seguido do *Coryphospingus cucullatus*. *Neothraupis fasciata* também se aproveitou das áreas queimadas com bastante regularidade nos bandos. *Zonotrichia capensis* apresentou-se como a espécie com os maiores

bandos monoespecíficos dentro dos bandos mistos. Incrivelmente sua FO foi maior tanto na área adjacente, quanto na área queimada, no período logo após o fogo, se comparados à área controle. Isso pode ser resultado da preferência desta espécie por determinados tipos de perturbação (Sick 1997). Ao comparar os valores de todas as aves (Tabela 2) é possível notar a grande diversidade de valores evidenciando um padrão que já esperávamos: o fogo influencia de forma diferenciada as espécies que compõem bandos mistos.

As médias das distâncias percorridas pelos bandos mistos durante deslocamentos nas três áreas, registradas para o período T1.f, indicaram diferenças entre a área que pegou fogo (AF) e as outras duas (AA e AC), e estas não apresentaram diferenças significativas entre si. A maneira como um indivíduo satisfaz suas necessidades por comida e espaço influencia em sua sobrevivência (Krebs 1980, Develey & Stouffer 2001). As aves em bandos mistos, apesar de espacialmente próximas, exploram diferentemente o ambiente na escala de micro-habitat como resultado de sua diferenciação de nicho (Morse 1977, Munn & Terborgh 1979). Durante a movimentação em grupos, espera-se que todos os indivíduos de um determinado bando misto se desloquem igualmente ao longo do ambiente. Dessa forma, permanecer dentro de um bando misto deve necessariamente exigir dos indivíduos que tenham a capacidade de se deslocar conforme o grupo. Já que os líderes (e líderes/seguidores em menor proporção, por também serem espécies nucleares) são os responsáveis pela coesão do bando e por guiar os indivíduos durante os deslocamentos para exploração de recursos do meio, esperamos que todas as categorias de seguidores sejam capazes de acompanhar aquelas espécies em questão. Os dados revelaram, portanto, que a

forma como os bandos mistos exploram o ambiente se diferenciou em regiões que foram queimadas recentemente. Em geral, os deslocamentos são maiores e mais constantes. Isso pode indicar que, para continuarem a utilizar aquele local, as aves necessitam explorar áreas maiores e se deslocar mais. Como as espécies nucleares ditam os padrões de deslocamento, este pode ter sido um fator que contribuiu para a perda de espécies na área queimada, uma vez que a maioria das que desapareceram são apenas seguidoras. Contamos também que certas características intrínsecas às espécies e suas histórias de vida, além da capacidade de vôo, possam também ter contribuído para os resultados obtidos.

Três foram as situações que mais se destacaram no estudo em termos de diferenciação de padrões exibidos pelos bandos mistos de aves. Uma investigação mais detalhada destas situações foi feita por meio da relação existente entre número de espécies e número de indivíduos observados no bando. Para tanto, o uso de modelos lineares foi essencial para evidenciar as diferenças na forma de equações que descrevem o comportamento da variável dependente nas três áreas, considerando o período próximo ao fogo (T.1f). Os resultados indicaram que a AA se destacou das demais áreas, na medida em que o aumento de espécies fez com que o aumento de indivíduos fosse consideravelmente maior que nas áreas AF e AC. Os tamanhos mínimos dos agrupamentos desta área também merecem destaque, pois podem indicar que a competição não foi um fator relevante na estruturação dos bandos nos demais ambientes em que eles eram menores. O valor F da regressão foi maior conforme o tamanho da amostra, indicando maior robustez na análise dos dados da AC. Isso fortalece, mais uma vez, a fidedignidade dos dados relativos aos bandos

mistos controle, indicando que são realmente bem representativos como descritores do ambiente de campo sujo natural não perturbado. A AF apresentou a menor relação entre espécies e indivíduos. Além disso, o valor de 'a' da equação linear padrão ($Y = a + bX$, onde o modelo linear intercepta o eixo dos indivíduos, Zar et al. 1999, Ayres et al. 2007), equivalente a 3,40, foi o único valor de todas as análises que não obteve significância ($t = 1,4817$ e $p = 0,1641$). Dessa forma, tentativas de predição de tamanho de bandos com poucas espécies não são confiáveis para a área AF. Ao retomar os dados originais em busca da compreensão desta situação, foi possível perceber que os menores bandos mistos desta área em termos de espécie indicaram alta variação do número de indivíduos.

Considerações finais

O fogo modifica determinados padrões ecológicos em áreas naturais que sofrem incêndios. Este trabalho verificou que tal fato acontece também com relação aos bandos mistos de aves. Estas associações são importantes para inúmeras aves que delas participam. Assim, a influência que o fogo pode ter no contexto dos grupos acaba por afetar a vida de algumas espécies e indivíduos diferentemente. Espécies nucleares, responsáveis pela coesão e deslocamento do grupo, tendem a sofrer menos com os efeitos do fogo. Além da área queimada, percebemos que as áreas adjacentes ao fogo podem sofrer com seus efeitos, porém a resposta dos bandos é diferenciada.

O campo sujo possui bandos mistos consideravelmente estáveis e parece ter uma capacidade suporte não aproveitada em sua totalidade pelas aves dos bandos. A recuperação de padrões após o distúrbio do fogo foi rápida, evidenciando a resiliência exibida por ambientes de cerrado.

Referências bibliográficas

- Alves, M.A.S. & Cavalcanti, R.B. 1996. Sentinel behavior, seasonality and structure of bird flocks in a Brazilian savanna. **Ornitologia Neotropical** 7:43-51.
- Ayres, M.; Ayres Jr., M.; Ayres, D.L. & Santos, A.S. 2007. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas.** Sociedade Civil de Mamirauá, CNPq.
- Cavalcanti, R.B. & Alves, M.A.S. 1997. Effects of fire on savanna birds in central Brazil. **Ornitologia Neotropical** 8:85–87.
- CBRO (Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos). 2010. **Listas das aves do Brasil.** 9ª Edição, publicada em 18/10/2010. <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: [25/10/2010].
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology** 18:117-143.
- Clavero, M.; Brotons, L. & Herrando, S. 2010. Bird community specialization, bird conservation and disturbance: the role of wildfires. **Journal of Animal Ecology**
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** 1:17-23.

- Coutinho, L.M.O. 1990. Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje** 12:23-30.
- Develey, P.F. & Peres, C.A. 2000. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 16:33–53.
- Develey, P.F. 2001. Os bandos mistos de aves nas florestas neotropicais. *In*: Albuquerque, J.L.B.; Cândido Jr., J.F.; Straube, F.C. & Roos, A.L. (eds.) 2001. **Ornitologia da conservação: da ciência às estratégias**. Tubarão: Ed. Unisul.
- Develey, P.F. & Stouffer, P.C. 2001. Effects of Roads on Movements by Understory Birds in Mixed-Species Flocks in Central Amazonian Brazil. **Conservation Biology** 15(5):1416-1422.
- Dolby, A.S. & Grubb, T.C.Jr. 1999. Functional Roles in Mixed-Species Foraging Flocks: A Field Manipulation. **The Auk** 116(2):557-559.
- Drewa, P.B.; Platt, W.J. & Moser, E.B. 2002. Fire effects on resprouting of shrubs in headwaters of Southeastern Longleaf Pine Savannas. **Ecology** 83(3):755-767.
- Durigan, G.; Leitão-Filho, H.F. & Rodrigues, R.R. 1994. Phytosociology and structure of frequently burnt Cerrado vegetation in SE Brazil. **Flora** 189:153-160.

- Durigan, G.; Siqueira, M.F.; Franco, G.A.D.C.; Brigdgewater, S. & Ratter, J.A. 2003. The vegetation of priority areas for Cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** 60:217-241.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review** 38:201-341.
- Filgueiras. T.S. 2002. Herbaceous Plant Communities. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J (eds.) **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press.
- Fisher, J.T. & Wilkinson, L. 2005. The response of mammals to forest fire and timber harvest in the North American boreal forest. **Mammal Review** 35:51–81.
- França, H.; Ramos-Neto, M.B. & Setzer, A. 2007. **O fogo no Parque Nacional das Emas**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- Gotelli, N.J. & Ellison, A.M. 2004. **A primer of ecological statistics**. Sunderland, Massachussets: Sinauer Associates.
- Graves, G.R. & Gotelli, N.J. 1993. Assembly of avian mixed-species flocks in Amazonia. **Ecology** 90(4):1388-1391.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia**

Electronica 4(1):9pp. Disponível em <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm> Acesso em: [20/10/2010].

Hoffmann, W.A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model predictions. **Ecology** 80:1354-1369.

Hoffmann, W.A. & Moreira, A.G. 2002. The Role of Fire in Population Dynamics of Woody Plants. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). **The Cerrados of Brazil**. Columbia Univ. Press, New York, New York.

Jullien, M. & Thiollay, J.M. 1998. Multi-species territoriality and dynamic of Neotropical forest understorey bird flocks. **Journal of Animal Ecology** 67:227–252.

Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology** 19:707–713.

Krebs, J.R. 1980. Optimal foraging, predation risk and territory defence. **Ardea** 68:83-90.

Macedo, R.H.F. 2002. The avifauna: ecology, biogeography, and behavior. Pp. 242–263 *In*: Oliveira, P. S., & Marquis, R. J. (eds.). **The Cerrados of Brazil**. Columbia Univ. Press, New York, New York.

Machado, R.B.; Ramos Neto, M.B.; Pereira, P.G.P.; Caldas, E.F.; Gonçalves, D.A.; Santos, N.S.; Tabor, K. & Steininger, M. 2004. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF.

- Marini, M.A. & Cavalcanti, R.B. 1996. Influência do fogo na avifauna do sub-bosque de uma mata de galeria do Brasil central. **Revista Brasileira de Biologia** 56:749–754.
- Morse, D.H. 1977. Feeding behavior and predator avoidance in heterospecific groups. **BioScience** 27: 332–339.
- Motta-Junior, J.C.; Granzinolli, M.A.M. & Develey, P.F. 2008. Aves da estação ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica** 8(3):207-227.
- Munn, C.A. & Terborgh, J.W. 1979. Multi-Species territoriality in Neotropical foraging flocks. **Condor** 81:338-347.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403:853–858.
- Parker, T.A. & Willis E.O. 1997. Notes on three tiny grassland flycatchers, with comments on the disappearance of South American fire-diversified savannas. **Ornithological Monographs** 48:549–555.
- Pivello, V.R. Manejo de fragmentos de Cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade. 2005. *In*: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C. & Felfili, J.M. (eds). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p.401-413.
- Pons, P. & Bas, J.M. 2005. Open-habitat birds in recently burned areas: the role of the fire extent and species' habitat breadth. **Ardeola** 52:119–131.

- Pons, P. & Clavero, M. 2010. Bird responses to fire severity and time since fire in Managed Mountain Rangelands. **Animal Conservation** 13:294–305.
- Poulsen, B.O. 1996. Relationships between frequency of mixed-species flocks, weather and insect activity in a montane cloud forest in Ecuador. **Ibis** 138:466–470.
- Powell, G.V.N. 1985. Sociobiology and adaptive significance of interspecific foraging flocks in the Neotropics. **Neotropical Ornithology** 36:713–732.
- Ragusa-Netto, J. 2000. Raptors and "campo-cerrado" bird mixed flocks led by *Cypsnagra hirundinacea* (Emberizidae: Thraupinae). **Revista Brasileira de Biologia** 60:461–467.
- Ragusa-Netto, J. 2001. Sentinels in *Saltator atricollis* (Passeriformes: Emberizidae). **Revista Brasileira de Biologia** 61:317–322.
- Ragusa-Netto, J. 2002. Vigilance towards raptors by nuclear species in bird mixed flocks in a Brazilian savannah. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 37:219–226.
- Remsen, J.V.; Cadena, C.D.; Jaramillo, A.; Nores, M.; Pacheco, J.F.; Robbins, M. B.; Schulenberg, T. S.; Stiles, F.; Stotz, G.D.F. & Zimmer, K.J. Version [24 Nov 2010]. **A classification of the bird species of South America.** American Ornithologists' Union.

- Russel, K.R., Van Lear, D.H. & Guynn Jr., D.C. 1999. Prescribed Fire Effects on Herpetofauna: Review and Management Implications. **Wildlife Society Bulletin** 27(2): 374-384.
- Serra Filho, R., Cavalli, A.C., Guillaumon, J.R., Chiarini, J.V., Nogueira, F.P. & Ivancko, C.M.A.M. 1997. **Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- Sick, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**. Edição revista e ampliada por Pacheco, J.F. 2001. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira.
- Silva, J.M.C. & Bates, J.M. 2002. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **BioScience** 52(3):225-233.
- Smucker, K.M., Hutto, R.L. & Steele, B.M. 2005. Changes in bird abundance after Wildfire: Importance of Fire severity and time since Fire. **Ecological Applications** 15:1535–1549.
- Stotz, D.F. 1993. Geografic variation in species composition of mixed species flocks in lowland humid forests in Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 38:61-75.
- Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W., Parker III, T.A. & Moskovits, D.K. 1996. **Neotropical Birds: Ecology and Conservation**. University of Chicago Press.

- Swengel, A.B. 2001. A literature review of insect responses to fire, compared to other conservation managements of open habitat. **Biodiversity and Conservation** 10:1141–1169.
- Syphard, A.D., Franklin, J. & Keeley J.E. 2006. Simulating the effects of frequent fire on Southern California Coastal Shrublands. **Ecological Applications**. 16(5):1744-1756.
- Tubelis, D.P. 2004. Species composition and seasonal occurrence of mixed-species flocks of forest birds in savannas in central Cerrado, Brazil. **Ararajuba** 12: 105–111.
- Tubelis, D.P. 2007. Mixed-species flocks of birds in the cerrado, South America: a review. **Ornitologia Neotropical** 18:75-97.
- Terborgh, J. 1990. Mixed flocks and polyspecific associations: Costs and benefits of mixed groups to birds and monkeys. **American Journal Primatology** 21(2): 87-100.
- Zanchetta, D. & Diniz, F.V. 2006. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista do Instituto Florestal** 18:1-14.
- Zar, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. 4^o ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Anexos

Anexo I. Lista das espécies de aves que participaram dos bandos mistos e suas respectivas freqüências de ocorrência (FO). **C.** = campo, **R** = período reprodutivo, **N-R** = período não reprodutivo. Nomenclatura e ordem taxonômica seguem CBRO (2008).

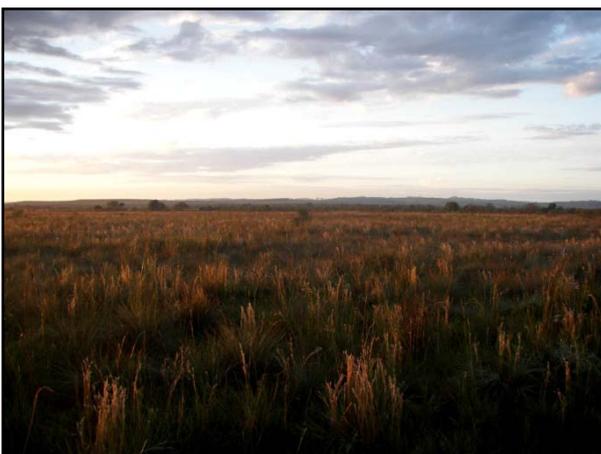
| Táxon (Ordem/Família/Espécie) | Nome comum | Fisionomias | | | | | |
|--|------------------------------------|-------------|------|--------|------|-----------|------|
| | | C.Limpo | | C.Sujo | | C.Cerrado | |
| | | R | N-R | R | N-R | R | N-R |
| PICIFORMES Meyer & Wolf, 1810 | | | | | | | |
| PICIDAE Leach, 1820 | | | | | | | |
| <i>Picumnus albosquamatus</i> d'Orbigny, 1840 | pica-pau-anão-escamado | - | - | 0.10 | 0.29 | 0.21 | 0.46 |
| <i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus, 1766) | picapauzinho-anão | - | - | - | - | 0.03 | 0.03 |
| <i>Picoides mixtus</i> (Boddaert, 1783) | pica-pau-chorão | - | - | 0.10 | 0.35 | 0.10 | 0.32 |
| PASSERIFORMES Linné, 1758 | | | | | | | |
| MELANOPAREIIDAE Irestedt, Fjeldså, Johansson & Ericson, 2002 | | | | | | | |
| <i>Melanopareia torquata</i> (Wied, 1831) | tapaculo-de-colarinho | 0.16 | 0.15 | 0.27 | 0.44 | 0.24 | 0.35 |
| THAMNOPHILIDAE Swainson, 1824 | | | | | | | |
| <i>Thamnophilus doliatus</i> (Linnaeus, 1764) | choca-barrada | - | - | - | - | 0.07 | 0.03 |
| <i>Thamnophilus torquatus</i> Swainson, 1825 | choca-de-asa-vermelha | - | - | - | - | 0.10 | 0.12 |
| <i>Formicivora rufa</i> (Wied, 1831) | papa-formiga-vermelho | - | - | 0.33 | 0.58 | 0.34 | 0.51 |
| DENDROCOLAPTIDAE Gray, 1840 | | | | | | | |
| <i>Lepidocolaptes angustirostris</i> (Vieillot, 1818) | arapaçu-do-cerrado | - | - | 0.27 | 0.45 | 0.41 | 0.56 |
| FURNARIIDAE Gray, 1840 | | | | | | | |
| <i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788) | joão-de-barro | 0.03 | 0.06 | 0.06 | 0.10 | - | - |
| <i>Synallaxis frontalis</i> Pelzeln, 1859 | petrim | - | - | - | - | 0.14 | 0.19 |
| <i>Synallaxis albescens</i> Temminck, 1823 | uí-pi | 0.39 | 0.46 | 0.31 | 0.50 | 0.14 | 0.24 |
| <i>Synallaxis spixi</i> Sclater, 1856 | joão-teneném | - | 0.08 | 0.13 | 0.28 | 0.21 | 0.34 |
| TYRANNIDAE Vigors, 1825 | | | | | | | |
| <i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822) | guaracava-de-barriga-amarela | - | - | 0.10 | 0.28 | 0.17 | 0.18 |
| <i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence, 1865 | chibum | - | - | 0.17 | 0.06 | 0.17 | 0.06 |
| <i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824) | risadinha | - | - | 0.17 | 0.41 | 0.17 | 0.49 |
| <i>Serpophaga subcristata</i> (Vieillot, 1817) | alegrinho | - | - | 0.13 | 0.21 | 0.17 | 0.31 |
| <i>Alectrurus tricolor</i> (Vieillot, 1816) | galito | 0.06 | 0.13 | - | - | - | - |
| <i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819 | suiriri | - | - | 0.06 | 0.06 | 0.14 | 0.06 |
| <i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin, 1789) | maria-cavaleira | - | - | - | - | 0.07 | 0.07 |
| <i>Myiarchus tyrannulus</i> (Statius Muller, 1776) | maria-cavaleira-de-raboenferrujado | - | - | 0.04 | 0.06 | 0.10 | 0.18 |
| VIREONIDAE Swainson, 1837 | | | | | | | |
| <i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789) | pitiguari | - | - | - | - | 0.07 | 0.19 |

Anexo 1. Continuação...

| Táxon (Ordem/Família/Espécie) | Nome comum | Fisionomias | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------|------|--------|------|-----------|------|
| | | C.Limpo | | C.Sujo | | C.Cerrado | |
| | | R | N-R | R | N-R | R | N-R |
| TROGLODYTIDAE Swainson, 1831 | | | | | | | |
| <i>Troglodytes musculus</i> Naumann, 1823 | corruíra | - | - | 0.44 | 0.40 | 0.38 | 0.56 |
| TURDIDAE Rafinesque, 1815 | | | | | | | |
| <i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818 | sabiá-barranco | - | - | - | - | 0.10 | 0.09 |
| <i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850 | sabiá-poca | - | - | - | - | 0.07 | 0.09 |
| MIMIDAE Bonaparte, 1853 | | | | | | | |
| <i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823) | sabiá-do-campo | 0.42 | 0.56 | 0.35 | 0.38 | 0.28 | 0.43 |
| COEREBIDAE d'Orbigny & Lafresnaye, 1838 | | | | | | | |
| <i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758) | cambacica | - | - | - | - | 0.14 | 0.07 |
| THRAUPIDAE Cabanis, 1847 | | | | | | | |
| <i>Schistochlamys ruficapillus</i> (Vieillot, 1817) | bico-de-veludo | 0.03 | 0.06 | 0.17 | 0.39 | 0.17 | 0.35 |
| <i>Neothraupis fasciata</i> (Lichtenstein, 1823) | cigarra-do-campo | 0.35 | 0.38 | 0.44 | 0.68 | 0.38 | 0.63 |
| <i>Cypsnagra hirundinacea</i> (Lesson, 1831) | bandoleta | 0.26 | 0.33 | 0.38 | 0.61 | 0.41 | 0.66 |
| <i>Piranga flava</i> (Vieillot, 1822) | sanhaçu-de-fogo | - | - | - | - | 0.14 | 0.04 |
| <i>Thraupis sayaca</i> (Linnaeus, 1766) | sanhaçu-cinzento | - | - | - | - | 0.17 | 0.10 |
| <i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766) | saíra-amarela | - | - | - | - | 0.14 | 0.09 |
| EMBERIZIDAE Vigors, 1825 | | | | | | | |
| <i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776) | tico-tico | 0.32 | 0.33 | 0.63 | 0.68 | 0.59 | 0.60 |
| <i>Ammodramus humeralis</i> (Bosc, 1792) | tico-tico-do-campo | 0.42 | 0.40 | 0.23 | 0.43 | 0.14 | 0.35 |
| <i>Sicalis citrina</i> Pelzeln, 1870 | canário-rasteiro | 0.16 | 0.15 | 0.10 | 0.10 | 0.03 | 0.04 |
| <i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766) | canário-da-terra-verdadeiro | 0.16 | 0.15 | - | - | - | - |
| <i>Sicalis luteola</i> (Sparrman, 1789) | tipio | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.10 | - | - |
| <i>Emberizoides herbicola</i> (Vieillot, 1817) | canário-do-campo | 0.55 | 0.71 | 0.31 | 0.68 | 0.24 | 0.41 |
| <i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766) | tiziu | 0.19 | 0.17 | 0.25 | 0.42 | 0.14 | 0.40 |
| <i>Sporophila plumbea</i> (Wied, 1830) | patativa | 0.16 | 0.15 | 0.08 | 0.10 | 0.03 | 0.10 |
| <i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot, 1823) | coleirinho | 0.19 | 0.17 | 0.23 | 0.34 | 0.17 | 0.25 |
| <i>Sporophila bouvreuil</i> (Statius Muller, 1776) | caboclinho | 0.16 | 0.15 | 0.10 | 0.05 | 0.10 | 0.04 |
| <i>Coryphospingus cucullatus</i> (Statius Muller, 1776) | tico-tico-rei | 0.10 | 0.27 | 0.25 | 0.50 | 0.28 | 0.46 |
| CARDINALIDAE Ridgway, 1901 | | | | | | | |
| <i>Saltator atricollis</i> Vieillot, 1817 | bico-de-pimenta | 0.39 | 0.56 | 0.63 | 0.78 | 0.55 | 0.72 |
| PARULIDAE Wetmore, Friedmann, Lincoln, Miller, Peters, van Rossem, Van Tyne & Zimmer 1947 | | | | | | | |
| <i>Geothlypis aequinoctialis</i> (Gmelin, 1789) | pia-cobra | 0.03 | 0.08 | 0.15 | 0.19 | 0.17 | 0.19 |

Anexo II. Contribuições visuais.

Campos limpos e campo limpo alagável (dezembro a março)



Fotos: M.G.Reis & C.Z.Fieker

Campos sujos



Fotos: M.G.Reis & C.Z.Fieker

Campos cerrados



Fotos: M.G.Reis



Galito (*Alectrurus tricolor*)



Tico-tico-rei (*Coryphospingus cucullatus*)



Cigarra-do-campo (*Neothraupis fasciata*)

Fotos: M.G.Reis



Bico-de-pimenta (*Saltator atricollis*)



Bandoleta (*Cypsnagra hirundinacea*)

Fotos: M.G.Reis

Aves forrageando na área queimada



Fotos: J.C.Motta-Junior

Área atingida pelo fogo



Fotos: M.G.Reis