Andrea Ferrari

Efeitos de fatores meteorológicos e do habitat no comportamento de forrageamento de tiranídeos (Aves, Tyrannidae) nos campos da Estação Ecológica de Itirapina, São Paulo.

Effects of meteorological factors and habitat on foraging behavior by tyrant flycatchers (Aves, Tyrannidae) at grasslands of Itirapina Ecological Station, São Paulo.

São Paulo

2015

Andrea Ferrari

Efeitos de fatores meteorológicos e do habitat no comportamento de forrageamento de tiranídeos (Aves, Tyrannidae) nos campos da Estação Ecológica de Itirapina, São Paulo.

Effects of meteorological factors and habitat on foraging behavior by tyrant flycatchers (Aves, Tyrannidae) at grasslands of Itirapina Ecological Station, São Paulo.

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Ciências, na Área de Ecologia.

Orientador: José Carlos Motta-Junior

Versão Corrigida

São Paulo

2015

* A versão original encontra-se disponível no Instituto de Biociências da USP

Ferrari, Andrea

Efeitos de fatores meteorológicos e do habitat no comportamento de forrageamento de tiranídeos (Aves, Tyrannidae) nos campos da Estação Ecológica de Itirapina, São Paulo.

152 páginas.

Tese (Doutorado)- Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia.

1.Comportamento de forrageamento; 2.Tiranídeos; 3.Tempo 4. Cerrado; 5. Itirapina. I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia.

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof. Dr. José Carlos Motta-Junior
Orientador.

Aos meus pais, por me apresentarem os livros e por muito mais.

Aos *Alectrurus*, *Xolmis*, *Gubernetes* ... por toda a liberdade.

Ao Cerrado, pelo tanto que ensina sobre superação.

Epígrafe

“A destruição ambiental nunca terá fim, mesmo em um mundo verdadeiramente moral. O desenvolvimento sustentável, o Cálice Sagrado do atual movimento conservacionista, não poderá salvar aquilo que muitos mais desejam: parcelas intocadas de ecossistemas, não afetadas pela ganância, onde se possa apreciar o ritmo calmo da vida e sentir novamente a sensação de pertencer ao mundo natural. Poder sentir a Natureza em seu estado selvagem é um estado de espírito, e embora isso tenha sido parte do nosso passado, é pouco provável que as gerações futuras venham mesmo a sentir a sua falta. É possível que elas se afastem da Natureza selvagem. Mas, de qualquer forma, elas devem, no mínimo, ter a opção de poder vislumbrar o esplendor que houve no passado. Cada um de nós se esforça por um sentimento próprio de mérito; além disso, eu agora aspiro por um ideal que vai além da Ciência: quero ajudar com que fragmentos de Natureza selvagem sobrevivam.”

George B. Schaller

Em: A Naturalist and Other beasts.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Dr. José Carlos Motta-Junior, pela oportunidade de trabalhar na Estação Ecológica de Itirapina, por me receber em seu laboratório, por todo o aprendizado e por me ajudar a colocar os pés no chão quando é preciso.

À CAPES/PROAP pela bolsa concedida e auxílios que possibilitaram a realização deste trabalho.

À Universidade de São Paulo e o Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Instituto de Biociências pelo aprendizado, apoio e infraestrutura. Um agradecimento especial para Vera e para Prof. Dra. Astrid Kleinert.

Ao Instituto Florestal e os funcionários da Estação Ecológica de Itirapina por autorizarem a realização do meu trabalho e oferecer todo o suporte e infraestrutura para a realização do mesmo. Especialmente a dona Isabel, quem cuidou do meu carro com todo o carinho por dois anos e por todo o cuidado que sempre teve comigo. Sentirei muitas saudades. Ao Major, Chico e seu Dito por me socorrerem tantas vezes quando meu carro atolava na areia. Aos vigias José S. e José G. por todo o cuidado e atenção.

Aos professores que contribuíram com sugestões valiosas no meu exame de qualificação, Pof. Dra. Astrid Kleinert, Prof. Dr. José Siqueira e Renato Ferreira de Lima.

Ao Professor Dr. José Siqueira, do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, por toda a ajuda com as análises estatísticas.

Aos professores do departamento de fisiologia do Instituto de Biociências da USP, que supervisionaram meu estágio PAE: Prof. Dr. Silvia Cristina Ribeiro de Souza, Prof. Dr. José Eduardo Bicudo, Prof. Dr. Gisele Akemi Oda, Prof. Dr. Renata Guimarães Moreira. Este estágio foi muito valioso e contribuiu muito para minha formação. Obrigada!

Ao Prof. Dr. Francisco Vecchia e ao técnico José André da Silva da Estação Meteorológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia/Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo, por gentilmente cederem os dados meteorológicos que foram utilizados neste estudo.

Aos meus queridos ajudantes de campo, um bando misto apaixonado por aves, que fizeram os momentos no Cerrado muito mais divertidos: Meu pai Decio, meu irmão Rafael, Maikon, Rochely, Manoelle, Mariana Bressan, Natália Pas, Macarrão, Suyen, Bruninha, Mariana, Claudia Oliveira e especialmente a Priscila Leal, minha primeira ajudante, que ficou mais tempo comigo no campo e ainda voltou em uma segunda oportunidade. Vocês foram ótimos!

Aos meus colegas de laboratório: Rochely, minha querida companheira de congressos, passarinhadas e Avistar; Maikon, Thioni, Mariana e Bruninha pela ótima companhia no campo e alojamento; e ao Fabio Barros, a primeira pessoa com quem fui para a Estação Ecológica de Itirapina, o que resultou na minha decisão de trabalhar lá. Muito obrigada, você são ótimos.

À Rochely Morandini e ao Fabio Olmos por atenciosamente revisarem os Abstracts.

Aos amigos que me acompanharam em passarinhadas nos últimos meses deste projeto, o que ajudou bastante a manter o equilíbrio em momentos de trabalho intenso. Foi muito bom aprender mais sobre as aves com vocês, e obrigada por todas as risadas em um momento tão importante: Edalcio Muscat, Lu e seu marido, Chayene Tomiuc, Priscila Leal, Marina Amaral e Fabio Olmos.

Ao meu primeiro orientador, Prof. Dr. Luiz Menna Barreto, pelo tanto que me ensinou e por ter me apoiado quando decidi estudar aves no meu mestrado, dizendo que meus olhos brilhavam quando eu falava sobre aves. Acertou muito. Meu agradecimento e carinho sempre. E também para os amigos eternos do GMDRB, com quem aprendi muito sobre trabalho em equipe, colaboração, amizade e união. Amo vocês.

Aos meus professores de artes marciais, que contribuíram para o meu bem estar em diferentes etapas deste projeto: Rafael Garcia e Willian, professores de Kung Fu; Eduardo e Janaina Scucuglia, professores de Muay thai.

A minha família, sem vocês nada disso aconteceria. Obrigada por todo o apoio, amor e cuidado. E também pelos cuidados com meus gatos quando eu viajo. Amo vocês.

Índice

Resumo.....	09
Abstract.....	11
Capítulo 1. Introdução Geral.....	13
Capítulo 2. Métodos de observação direta em estudos sobre comportamento de forrageamento.....	38
Resumo.....	39
Abstract.....	39
2.1. Introdução.....	40
2.2. Material e Métodos.....	44
2.3. Resultados.....	45
2.4. Discussão.....	48
2.5. Considerações finais.....	53
2.6. Referências Bibliográficas.....	54
Capítulo 3. Efeitos de fatores meteorológicos e do habitat no comportamento de forrageamento de tiranídeos (Aves, Tyrannidae) na Estação Ecológica de Itirapina.....	58
Resumo.....	59
Abstract.....	60
3.1. Introdução.....	61
3.2. Material e Métodos.....	63
3.3. Resultados.....	69
3.4. Discussão.....	101
3.5. Referências Bibliográficas.....	117
Capítulo 4. Considerações sobre o Cerrado: caracterização, ameaças a sua biodiversidade e perspectivas.....	123
4.1. Introdução.....	124
4.2. Caracterização do Cerrado.....	124.
4.3. Referências bibliográficas.....	142
Capítulo 5. Considerações finais.....	149
5.1. Referências bibliográficas.....	152

Resumo

O comportamento de forrageamento dos tiranídeos (Aves, Tyrannidae) é caracterizado por um modo estereotipado de “procura e captura”, com sutis variações interespecíficas relacionadas com fatores morfológicos e ecológicos. Estas aves são predominantemente insetívoras e podem alternar entre modos distintos de forrageamento de acordo com variações climáticas que alterem a disponibilidade de presas. Neste estudo, procuramos quantificar o comportamento de forrageamento de *Alectrurus tricolor*, *Gubernetes yetapa*, *Xolmis cinereus* e *Xolmis velatus*, durante as estações seca e chuvosa dos anos de 2012 e 2013, na Estação Ecológica de Itirapina. Nosso objetivo foi verificar quão plásticos são os modos de forrageamento destas espécies diante de mudanças nas condições ambientais em diferentes escalas temporais. Buscamos verificar se: i) Estas espécies alteram sazonalmente as proporções entre os modos de ataques, o tempo de procura por presas e a distância entre um poleiro sem sucesso para um novo poleiro? Considerando que a disponibilidade de artrópodes pode variar consideravelmente em pequenas escalas temporais e espaciais, testamos se: ii) Existem correlações entre medidas diárias de fatores meteorológicos, como temperatura, insolação, pluviosidade, umidade relativa do ar e vento, e os comportamentos de forrageamento? iii) Existem correlações entre os diferentes tipos de habitats utilizados pelas aves e os comportamentos de forrageamento? iv) Diferenças entre os sexos e a idade do indivíduo influenciam no forrageamento de *Alectrurus tricolor*? Nossos resultados indicaram que as aves alteram seus padrões de comportamento entre as estações seca e chuvosa de modo a melhor aproveitar as especificidades de cada estação. Ataques aéreos foram predominantemente utilizados por *Alectrurus tricolor* e *Gubernetes yetapa* ao longo das duas estações, mas apenas durante a estação chuvosa para *Xolmis velatus*. Ataques direcionados ao solo foram predominantemente utilizado por *Xolmis cinereus* durante as duas estações e por *Xomis velatus* durante a estação seca. Ataques aéreos foram correlacionados principalmente com altas

temperaturas, mas também com baixa cobertura de nuvens, tipo de habitat, fase do dia, ventos leves, maior umidade relativa do ar e presença de chuva, com variações de acordo com a espécie estudada. O tempo de procura por presas variou principalmente com a estrutura do habitat, e os maiores valores foram encontrados quando as aves forrageavam em áreas abertas. Fatores que reduzem a disponibilidade de presas aéreas, como baixas temperaturas, baixa insolação e vento moderado, foram correlacionados com as maiores distâncias percorridas entre poleiros. Porém, quando consideramos uma maior escala temporal, encontramos maiores valores de distâncias percorridas durante a estação chuvosa para *Alectrurus tricolor* e *Xolmis velatus*, quando as condições ambientais são mais favoráveis, o que pode estar relacionado com os requerimentos da fase reprodutiva. Assim, podemos observar que a interação entre fatores meteorológicos e estrutura do habitat influenciam os padrões de comportamento destas aves.

Palavras chave: Comportamento de forrageamento, tiranídeos, fatores climáticos, Cerrado, Itirapina.

Abstract

The foraging behavior of tyrant flycatchers (Aves, Tyrannidae) is characterized by a stereotyped way of "search-and-capture" with subtle interspecific variations related to morphological and ecological factors. These birds are mainly insectivorous and can switch between different foraging modes according to weather variations that alter the availability of prey. In this study, we aim to quantify the foraging behavior of *Alectrurus tricolor*, *Gubernetes yetapa*, *Xolmis cinereus* and *Xolmis velatus* in the dry and wet seasons of the years 2012 and 2013, at the Ecological Station of Itirapina. The objectives of this study were to determine how plastics the foraging modes of these species are against environmental changing of conditions at different time scales. It seeks to determine whether: i) These species use foraging maneuvers, search time and the distances moved from one unsuccessful perch to a new perch (give-up flight) in different proportions between the two seasons? Arthropod availability may vary considerably in small spatial and temporal scales, then we tested whether ii) There are correlations between daily weather measurements, such as temperature, cloud cover, rainfall, relative humidity and wind, and the foraging behavior? iii) There are correlations between the different habitats used by birds and foraging behavior? iv) The foraging behavior of *Alectrurus tricolor* is influenced by sex and age of the individual? Our results indicated the birds change their behavior between the dry and wet seasons in order to benefit from specific features of each season. Aerial hawking was predominantly used by *Alectrurus tricolor* and *Gubernetes yetapa* during both seasons, but by *Xolmis velatus* only during the wet season. Perch-to-ground was the predominant hunting strategy for *Xolmis cinereus* during both seasons and for *Xomis velatus* during the dry season. Aerial hawking was mainly correlated with high temperatures, but also with lower cloud cover, habitat type, time of day, low wind speed, higher relative humidity and the rain, with variations according to the studied species. Search time varied mainly with habitat structure, and the highest values when the birds were foraging in open areas. Factors reducing

the availability of aerial prey, such as low temperature, low insolation and moderate wind, were correlated with longer distances traveled between perches. However, when we consider a larger time scale, we found *Alectrurus tricolor* and *Xolmis velatus* covered greater distances the wet season (when environmental conditions are more favorable) what may be related to breeding requirements. Thus, the interaction between weather and habitat structure influences the behavioral patterns of those birds.

Key words: Foraging behavior, tyrant flycatchers, weather, Cerrado, Itirapina.

Capítulo 1

Introdução Geral

1.1. O comportamento de forrageamento de aves da família Tyrannidae

A ecologia comportamental tem dedicado especial atenção aos estudos sobre o comportamento de forrageamento das espécies e proporcionado melhor compreensão acerca de padrões específicos que foram selecionados durante a história evolutiva dos organismos. MacArthur & Pianka (1966) elaboraram pela primeira vez uma abordagem que proporcionou um novo direcionamento para as publicações sobre o comportamento de forrageamento, a teoria de forrageamento ótimo.

A partir de então, considerações sobre decisões de forrageamento e otimização energética começaram a fazer parte dos modelos e discussões apresentados, especialmente até a década de 1990 (Chaves & Alves, 2010). Questões como - onde procurar comida? Quais presas escolher? Quanto tempo manusear uma presa? Qual o momento de deixar um local de forrageio? – são então investigadas em termos de suas contribuições para a aptidão do animal, ou seja, maior aptidão pode ser esperada quando há elevada taxa líquida de consumo energético (entrada de energia bruta menos os custos energéticos da obtenção de energia) (Stephens & Krebs, 1986).

Algumas críticas referentes à teoria de forrageamento ótimo surgem a partir do final da década de noventa por considerar que diversos outros aspectos além da maximização energética estão relacionados com o *fitness*, como presença de predadores, competição intra e interespecífica, fase do ciclo anual, etc (Perry & Pianka, 1997). Existe uma rede de fatores, muitas vezes conflitantes, que são moduladores do padrão de forrageamento que observamos nos animais. Desta forma, os modelos e premissas devem estabelecer considerações sobre uma diversidade de variáveis que interagem e podem atuar nas decisões de forrageamento (Chaves & Alves, 2010), e, assim, contribuir com relevantes informações que podem ser utilizadas em modelos de interação entre espécies, coexistência, uso de habitat e padrões de comunidades.

Entre os diversos estudos relacionados com o comportamento de forrageamento das aves, podemos destacar a contribuição relevante de J.W. Fitzpatrick (1980, 1981, 1985), especialmente para a família Tyrannidae. Com observações realizadas nos Neotrópicos, o autor descreveu e classificou as

táticas de forrageamento que caracterizam a família, o que possibilitou a visualização de tendências ecológicas e evolutivas destas aves. Tiranídeos frequentemente capturam suas presas a partir de voos direcionados ao substrato aéreo, solo ou folhas vivas, o que faz a denominação *flycatcher* muito apropriada para o grupo (Fitzpatrick, 1980; Parrini, 2015). De acordo com Fitzpatrick (1980), as informações sobre o modo de forrageamento dos tiranídeos são importantes para entendermos limites de residência, hábitos territoriais e podem até ser utilizados como ferramentas que auxiliem na resolução de problemas taxonômicos.

Os estudos sobre o forrageio de tiranídeos realizados por J.W. Fitzpatrick foram a maior inspiração para a realização desta tese e nortearam muitas das discussões apresentadas aqui. Os resultados encontrados pelo autor com algumas espécies existentes no Brasil instigaram maiores investigações, pois as informações coletadas nos cerrados, campos e caatingas do Brasil foram obtidas em apenas dois meses, durante o inverno seco destes ambientes. Porém, animais costumam experimentar variações espaciais e temporais na disponibilidade de presas e podem alternar seus métodos de forrageamento para melhor aproveitamento dos recursos disponíveis em determinada situação ambiental. Como os tiranídeos são aves predominantemente insetívoras (Sick, 1997), os fatores climáticos que possam afetar a atividade dos insetos devem ser considerados nas análises sobre o comportamento de forrageamento do grupo.

De acordo com Recher (1990), são observadas mudanças sazonais no comportamento e na utilização de recursos de diversas espécies e estas ocorrem como respostas às alterações na abundância dos recursos, no clima ou de requerimentos fisiológicos do animal. O resultado será o aumento ou diminuição da especialização para um determinado recurso e da intensidade da competição entre organismos conforme a fase do ano (Miles, 1990). Aves que apresentam plasticidade nas técnicas de forrageamento e utilizam estratégias alternativas podem aumentar o tempo de residência em uma área, pois conseguem utilizar com mais eficiência os recursos alimentares (Guillemain *et al.*, 2000).

Assim, há uma considerável quantidade de publicações que relatam esta existência de alterações sazonais ou diárias nos padrões dos comportamentos

de forrageamento de muitas espécies de aves em diversos habitats. Olsson *et al.* (2000) realizaram um estudo sobre a rotina diária de forrageamento de uma espécie de pica-pau em florestas decíduas e florestas de coníferas da Suécia. As informações foram coletadas durante a primavera e o inverno. Constataram que os indivíduos forragearam mais ativamente à tarde e menos durante as manhãs, o que está de acordo com os modelos de rotina diária de forrageamento propostos por Bednekoff & Houston (1994) e McNamara *et al.* (1994). Esses modelos evidenciam que aves que forrageiam em ambientes com previsibilidade de recursos alimentares atrasam sua maior concentração de atividade alimentar para o final do dia e reduzem o tempo carregando reservas para a noite, o contrário do que acontece em ambientes imprevisíveis (Bednekoff & Houston, 1994; McNamara *et al.*, 1994; Bonter *et al.*, 2013). O estudo de Olsson *et al.* (2000) também revelou que as aves (principalmente os machos) forragearam mais no inverno e menos durante a primavera, fase em que dedicavam mais tempo às escavações do ninho.

É importante ressaltar que não apenas a quantidade de tempo dedicado ao forrageamento pode ser modificada ao longo do ano, mas também técnicas de ataque, locações de forrageio e aspectos de socialização. De acordo com o histórico evolutivo da espécie e também das características do ambiente, podemos encontrar maior plasticidade em determinados fatores. Para quatro espécies de passeriformes migratórios, Hutto (1981) observou que os comportamentos associados com as locações de forrageamento variaram durante o ano e foram mais flexíveis quando comparados com os métodos de forrageamento. As espécies modificaram a altura em que forrageavam e a plasticidade desse comportamento pode ser de extrema importância para estas aves, pois os limites de altura da vegetação variam de habitat para habitat, assim como os substratos de forrageamento variam de estação para estação.

A fase do ciclo reprodutivo em que a ave se encontra também pode exercer alguma influência em características do comportamento de forrageamento. Conner (1981) observou que para algumas espécies de pica-paus os momentos de maior sobreposição de habitat aconteceram durante a estação pós-reprodutiva. Em um estudo com duas espécies de tiranídeos congêneros, Sakai & Noon (1990) observaram que diferentes substratos de forrageamento foram utilizados de acordo com o estágio do ciclo reprodutivo.

Estas modificações que ocorrem em diferentes fases do ciclo anual podem ser resultado das alterações nos requerimentos fisiológicos das aves, da atividade extra do cuidado parental ou reflexo da mudança na disponibilidade de presas ao longo do ciclo, correlacionadas com os diferentes estágios da fenologia das plantas utilizadas como sítios de forrageamento (Sallie & Verner, 1990). Geralmente são adaptações a ambientes dinâmicos e foram bastante estudadas em espécies que habitam regiões com variações temporais conspícuas, como as florestas decíduas, cujo maior substrato de forrageamento, as folhagens, não está presente durante todo o ano (Willson, 1970; Olsson *et al.*, 2000). Tais adaptações também são observadas em organismos que habitam regiões com variação anual no comprimento do dia ou com presença de neve cobrindo as folhagens (Alatalo, 1980).

Contudo, estudos feitos em regiões com variações ambientais menos conspícuas demonstram que o padrão de forrageamento pode também sofrer modificações de acordo com a fase em que coletamos os dados. Três espécies de aves residentes de matas de eucalipto na Austrália, ambiente com pouca variação sazonal no clima e com presença constante de folhagens, exibiram modificações sazonais em suas estratégias de forrageamento (manobras de ataque e uso do substrato), com maior tempo dedicado ao forrageamento no outono e no inverno. Também exibiram alterações diárias em tais comportamentos, provavelmente relacionadas com a temperatura ambiente. O forrageamento aéreo alcançou seus valores máximos entre 12h e início da tarde e o forrageamento no solo foi menos intenso durante esse período (Ford *et al.*, 1990).

Há fortes evidências de que técnicas de ataque aéreo são positivamente correlacionadas com a temperatura do ambiente (Davies, 1977; Murphy, 1987; Ford *et al.*, 1990; Troy & Baccus, 2009). As espécies que capturam presas no ar são geralmente insetívoras e o sucesso de forrageamento recebe influência de fatores climáticos que permitem a concentração de insetos em zonas específicas (Elkins, 2004). Insetos são dependentes de condições adequadas de temperatura ambiente para termorregulação e atividade de voo. O limiar de temperatura para início do voo varia interespecificamente, mas a maioria requer calor para voar (Taylor, 1963), o que explica a forte correlação entre altas temperaturas e os ataques aéreos das aves insetívoras. Após este limiar

a disponibilidade de insetos aéreos varia independente da temperatura até que um limiar superior seja atingido e iniba a atividade aérea (Taylor, 1963). Entre os forrageadores do espaço aéreo podemos destacar os andorinhões (Apodidae) e as andorinhas (Hirundinidae), aves que exploram ativamente o plâncton aéreo, e os tiranídeos e os galbulídeos, que utilizam o ambiente aéreo para alimentação por meio de técnicas de senta e espera (Parrini, 2015). Andorinhões costumam explorar correntes de ar ascendentes em zonas de convergência, pois estas costumam concentrar quantidade considerável de insetos (Simpson, 1967). Muitas espécies insetívoras são migrantes e seguem áreas mais quentes onde a atividade de insetos será maior. Entretanto, podemos esperar que alguns especialistas em presas aéreas exibam técnicas alternativas de forrageamento quando as condições ambientais não são favoráveis para captura aérea e este grau de flexibilidade pode variar de espécie para espécie.

Outros fatores meteorológicos também exercem influências nos comportamentos de forrageamento. Sabe-se que para aves florestais o vento atua como fator limitante da altura em que as aves forrageiam (Grubb, 1978). Foreman (1978) encontrou correlação entre ventos fortes e decréscimo no sucesso de forrageamento de um tiranídeo predador do plâncton aéreo, enquanto Teather (1992) verificou correlação positiva entre velocidade do vento e ataques direcionados ao solo para a mesma espécie de tiranídeo, *Tyrannus forficatus*. A atividade de voo dos insetos aumenta com o decréscimo da cobertura de nuvens, portanto dias nublados diminuem as chances de sucesso dos ataques aéreos (Murphy, 1987; Teather, 1992).

Nas regiões tropicais, a presença de chuva tem forte correlação com a emergência de insetos, o que aumenta a disponibilidade de presas para aves insetívoras (Elkins, 2004). Nos locais de baixa latitude, que não apresentam mudanças conspícuas no fotoperíodo entre as estações do ano, os regimes de chuvas exercem importante influência na organização temporal dos comportamentos e fisiologia dos organismos, pois desencadeiam alterações na umidade e vegetação e, conseqüentemente, na disponibilidade de alimentos (Ricklefs, 1996; Molokwu *et al.*, 2010). Portanto, uma mesma paisagem pode apresentar características totalmente diversas entre as estações secas e chuvosas.

Assim, ao considerarmos a dinâmica ambiental em que os organismos estão inseridos, buscamos complementar os estudos realizados por Fitzpatrick (1980, 1981) e investigar a expressão do comportamento de forrageamento de alguns tiranídeos ao longo do tempo e também a influência que alguns fatores meteorológicos podem exercer nas técnicas utilizadas pelas aves. Desta forma pretendemos avaliar o grau de plasticidade destes comportamentos em relação às possíveis variações na disponibilidade de presas que podem ser correlacionadas com variações climáticas. Diversos estudos sobre biologia alimentar e estratégias de forrageamento concentram suas observações apenas durante a estação reprodutiva ou em um único período do ano. Essa limitação pode dificultar estudos comparativos ou desencadear equívocos, pois observações obtidas em uma primavera podem, eventualmente, ser comparadas com observações oriundas de um inverno, e os resultados podem ser duvidosos (Ford *et al.*, 1990).

A tese foi estruturada da seguinte forma:

No capítulo 2 foi abordada uma discussão sobre os métodos de observação direta do comportamento de forrageamento. Para isso, fizemos alguns testes com os dados obtidos com observações contínuas e observações iniciais. A partir dos resultados obtidos, pudemos direcionar o formato das observações e o tipo de análise estatística que foram apresentados no capítulo seguinte. No capítulo 3 é apresentado o padrão de forrageamento que foi observado nas aves estudadas e sua distribuição entre as estações seca e chuvosa. Também foram estabelecidas as relações entre o comportamento de forrageamento e os fatores meteorológicos que atuam modificando a disponibilidade de presas. A partir destes resultados, fizemos um ensaio apresentado no capítulo 4 referente aos problemas de conservação enfrentados pelas aves do Cerrado, e especulamos algumas conexões entre nossos resultados e os prognósticos de mudanças climáticas. Finalizamos a tese com as considerações finais do capítulo 5.

1.2. Área de estudo

As aves foram observadas na Estação Ecológica de Itirapina (EEI), localizada nos municípios de Itirapina e Brotas do estado de São Paulo. A área possui cerca de 2.409 ha (ver Granzinoli, 2009) e situa-se entre as coordenadas 22° 12'24"S e 47° 55'46"W (extremo noroeste); 22° 11'25" S e 47° 54'30"W (extremo nordeste); 22° 15'05"S e 47° 55'32" W (extremo sudoeste); 22° 14' 45" S e 47° 51'41"W (extremo sudeste) (Motta-Júnior *et al.* 2008). A EEI abriga um dos últimos remanescentes de Cerrado do estado de São Paulo em que podemos encontrar a presença de cinco fisionomias distintas (Zancheta, 2006) e foi considerada uma *Important Bird Area* (IBA) (Bencke *et al.*, 2006). O Domínio do Cerrado é caracterizado por um mosaico de fitofisionomias com formações diversas e solos diferentes em que podemos constatar a presença de biomas individuais, parte de um mesmo domínio morfoclimático e fitofisionômico. É o segundo domínio morfoclimático em ordem de grandeza espacial no Brasil, ocupando aproximadamente 2.000.000 km² no Brasil central, mais áreas disjuntas nos outros domínios adjacentes (Ab'Saber 1981; Scariot *et al.*, 2005; Coutinho, 2006). Podemos dizer que o Domínio Cerrado compreende o que chamamos de cerrado *sensu lato*, com formações campestres (campo limpo), savânicas (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu strictu*) e florestal (cerradão) (Coutinho 1978), mas também matas de galeria e matas ciliares. A maior parte da EEI é coberta por áreas abertas, campos limpos, campos sujos, campos úmidos e campos cerrados, locais em que fizemos as observações. Mas também há fragmentos de cerrado *sensu stricto*, florestas de galeria e florestas paludosa, cerradão, além de florestas implantadas com espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* (Giannotti, 1988; Motta-Júnior *et al.*, 2008). Podemos visualizar a distribuição da vegetação da EEI com auxílio do mapa presente no plano de manejo da Estação Ecológica (Zanchetta, 2006) disponível na Figura 1.

O Cerrado é caracterizado por uma marcante sazonalidade, com uma estação seca (entre abril e setembro) e outra chuvosa (entre outubro e março). O clima principal de acordo com a classificação de Köppen é Cwa, ou seja, mesotérmico com invernos secos e verões chuvosos. Os dados de precipitação e temperatura acumulados entre 1982 a 2003 demonstraram que a média

anual de precipitação é de 1459 mm, com média de 1128 mm para a estação chuvosa (77% do total) e média de 331 mm (23% do total) para a estação seca. A temperatura média anual variou de 24,9°C e 17,8°C (Zanchetta, 2006).

O Domínio do Cerrado é considerado um dos *hotspots* de biodiversidade no mundo (Myers et al., 2000). Estima-se que possua cerca de 10.000 espécies de plantas lenhosas (44% endêmicas), 837 espécies de aves (cerca de 3,4% endêmicas), 161 espécies de mamíferos (de 11 a 19% endêmicas), 120 espécies de répteis (de 20 a 24% endêmicas) e 150 espécies de anfíbios (de 30 a 45% endêmicas) (Mittermeier et al., 1999; Klink & Machado, 2005). De acordo com Rodrigues (2005), a presença de espécies endêmicas demonstra que o Cerrado possui fauna própria, distinta daquela presente nas Caatingas e no Chaco, porém, embora exista um avanço nas pesquisas sobre a fauna e a flora dos Cerrados, sua diversidade biológica ainda é muito pouco conhecida, pois muitas áreas permanecem mal inventariadas, além daquelas que já foram totalmente destruídas. Apesar de sua rica biodiversidade, o Cerrado tem recebido pouca atenção em termos de medidas de conservação, apenas 2,2% de sua área encontra-se legalmente protegida e há indícios de que 20% das espécies endêmicas e ameaçadas permaneçam fora de qualquer unidade de conservação (Machado et al., 2004; Klink & Machado, 2005).

Estação Ecológica e Estação Experimental de Itirapina - SP

Figura 1. Mosaico de Vegetação presente na Estação Ecológica e Estação Experimental de Itirapina (Zanchetta, 2006). Do lado esquerdo a Estação Ecológica com a vegetação nativa de Cerrado. Do lado direito a Estação Experimental com plantio de *Pinus* e *Eucalyptus*.

1.3. Espécies estudadas

1.3.1. *Alectrurus tricolor*

O gênero *Alectrurus* compreende duas espécies, *Alectrurus tricolor* (Vieillot, 1816) e *Alectrurus risora* (Vieillot, 1824), que estão em sério declínio populacional, classificadas com estado de conservação vulnerável (IUCN, 2015). No Brasil, as populações de *Alectrurus risora* têm desaparecido desde 1974 (Fitzpatrick, 2004) e embora exista um registro isolado de uma fêmea em Bonito, Mato Grosso do Sul, feito em 2012 (Melo, 2012), desde então nunca mais houve notícia de qualquer registro da espécie por aqui. *Alectrurus tricolor*, conhecida popularmente como Galito, uma de nossas espécies estudadas, tem como distribuição original os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul (com destaque para o registro feito por Cestari (2006) no Pantanal em um campo aberto com capim nativo), Distrito Federal, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, embora existam controvérsias sobre a afirmação de Wied (1831) de que a ave coletada por Sellow realmente procedia do RS (Bencke *et al.*, 2010); também pode ser encontrado em algumas regiões da Bolívia, Paraguai e Argentina (Sick, 1997, Fitzpatrick, 2004; Esquivel *et al.*, 2007; Pacheco-Nunes *et al.*, 2013).

Atualmente encontra-se com distribuição mais restrita devido à perda de habitat, geralmente encontrado em áreas protegidas (BirdLife International, 2015). Na Argentina, por exemplo, não há registro de *Alectrurus tricolor* desde 1979 (Fitzpatrick, 2004, BirdLife International, 2015). No Brasil encontra-se em estado vulnerável para a extinção (MMA, 2008). Podemos estimar a dinâmica populacional de *Alectrurus tricolor* no Brasil nos últimos anos, especificamente a partir de 2008, ao verificar o mapa de registros da espécie disponível no banco de dados do site *wikiaves*, que tem como um de seus objetivos promover a colaboração de observadores de aves para a elaboração de conhecimento científico, um processo conhecido como ciência cidadã. Observando o mapa com os registros de *Alectrurus tricolor* nos últimos anos (Figura 2), podemos verificar que embora existam registros confirmados na literatura para o estado do Paraná (Straube *et al.*, 2004; Santos, 2007), aparentemente é cada vez mais difícil encontrar a ave no estado, local em que está em perigo de extinção (Straube *et al.*, 2004). No estado de São Paulo, os

únicos registros da ave foram feitos na EEI. A espécie está criticamente em perigo de extinção no estado de São Paulo (Silveira *et al.*, 2009).

Figura 2. Mapa com os registros da espécie *Alectrurus tricolor* disponível no site *wikiaves*.

Trata-se de uma pequena ave (Figuras 3 e 4), com aproximadamente 15 cm de comprimento total, que apresenta forte dimorfismo sexual. O macho exibe uma cauda conspícua durante a fase reprodutiva, que é um ornamento importante durante os *displays* de acasalamento (Fitzpatrick, 2004). São habitantes de grandes extensões abertas, como os campos limpos e campos sujos do Domínio Cerrado; quando encontradas em outros biomas estão restritos aos enclaves de áreas abertas de campos, úmidos ou não, sempre com densa cobertura de gramíneas (Ridgely & Tudor, 1994; Sick, 1997; Fitzpatrick, 2014).

Figura 3. *Alectrurus tricolor* macho fotografado nos campos da Estação Ecológica de Itirapina. Foto: José Carlos Motta-Junior.

Figura 4. *Alectrurus tricolor* fêmea fotografada nos campos da Estação Ecológica de Itirapina. Foto: Andrea Ferrari

Alimentam-se essencialmente de artrópodes; costumam exibir manobras aéreas de forrageamento ou capturar presas em substratos arbustivos ou

gramíneas (Fitzpatrick, 1980). A reprodução acontece entre os meses de agosto e novembro, com variações de acordo com o regime de chuvas (Fitzpatrick, 2004).

1.3.2. *Gubernetes yetapa*

Gubernetes yetapa (Vieillot, 1818) é uma espécie monotípica conhecida popularmente como tesoura-do-brejo. Com população aparentemente estável, pode ser encontrada no Brasil desde o sul da Bahia e do Mato Grosso até o Rio Grande do Sul (ver mapa de registros recentes do site *wikiaves* na Figura 5) e Bolívia, Paraguai e Argentina (Sick, 1997; Fitzpatrick, 2004; BirdLife International, 2015). Está presente em muitas das *Important Bird Areas* (IBAs) do Brasil, entre elas a Estação Ecológica de Itirapina (BirdLife International, 2015). A ave pode ser encontrada em buritizais (*Mauritia spp.*), brejos abertos, campos úmidos e áreas pantanosas, sempre com arbustos nas proximidades (Sick 1997, Fitzpatrick, 2004; BirdLife International, 2015).

Estas aves (Figura 6) podem ter 42 cm de comprimento (incluindo a cauda) e são facilmente localizadas em campo, pois exibem *displays* e vocalizações provavelmente relacionados com forrageamento, reunião do bando, defesa de território ou corte (Fitzpatrick, 2004; Belmonte-Lopes, 2008). Existe um discreto dimorfismo sexual referente ao tamanho das asas e especialmente da cauda (Belmonte-Lopes, 2008) que costumam serem maiores nos machos.

Figura 5. Mapa com os registros da espécie *Gubernates yetapa* disponível no site wikiaves.

Figura 6. *Gubernates yetapa* fotografado nos campos da Estação Ecológica de Itirapina. Foto: José Carlos Motta-Junior.

Alimentam-se predominantemente de insetos, geralmente em grupos familiares em que um dos indivíduos atua como sentinela, empoleirado em árvores ou arbustos (Belmonte-Lopes, 2008). Fazem voos para capturar presas aéreas, mas também capturam no solo e vegetação (Fitzpatrick, 1980). São escassas as informações sobre os hábitos reprodutivos da espécie (Chubb, 1910).

1.3.3. *Xolmis cinereus*

O gênero *Xolmis* é sul-americano e compreende oito espécies das quais duas podem ser encontradas no estado de São Paulo (Fitzpatrick, 2004). Conhecido popularmente como primavera ou maria-branca, *Xolmis cinereus* (Vieillot, 1816), ave com cerca de 22,5cm de comprimento, pode ser encontrado da margem direita do baixo Amazonas até o Tapajós, para o sul até o Rio Grande do Sul, Uruguai, Argentina, Paraguai e Bolívia; também no Amapá e em regiões campestres do Suriname (Sick, 1997; Fitzpatrick, 2004). A ave costuma frequentar campos, cerrados (Sick, 1997; Fitzpatrick, 2004) e também áreas antropizadas. Esta tolerância com habitats alterados, somada ao amplo limite de distribuição da espécie, faz com que ela não atinja os critérios para ser classificada como ameaçada de extinção, apesar da tendência ao decréscimo populacional devido à destruição dos campos e cerrados naturais (Fitzpatrick, 2004; BirdLife International, 2015). O mapa gerado pelo site *wikiaves* com registros recentes da espécie no Brasil pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7. Mapa de registros da espécie *Xolmis cinereus* disponível no site *wikiaves*.

A ave utiliza árvores, arbustos e poleiros artificiais para caçar insetos, item predominante em sua dieta. Além dos poleiros citados, pode ser visualizada no solo, capturando ou manuseando presas (Fitzpatrick, 1980). Não apresenta dimorfismo sexual e possui um padrão mais acinzentado (Figura 8) quando comparada com as outras espécies de *Xolmis* que existem no Brasil. As populações são parcialmente migratórias (Sick, 1997; Fitzpatrick, 2004) e o nome popular primavera diz respeito a volta destas aves em algumas regiões nesta fase do ano (Sick, 1997).

Figura 8. *Xolmis cinereus* fotografado nos campos da Estação Ecológica de Itirapina. Foto: José Carlos Motta-Junior.

1.3.4. *Xolmis velatus*

Xolmis velatus (Lichtenstein, 1823), conhecida popularmente como noivinha branca, possui cerca de 20 cm de comprimento e apresenta cabeça mais clara (Figura 10) quando comparada com sua congênica citada acima. Também é habitante de campos e savanas e pode ser sintópica com *X. cinereus*. Ocorre da foz do Amazonas até o Paraná e Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraguai e Bolívia (Sick, 1997; Fitzpatrick, 2004). Há registro mais ao sul de sua distribuição, Santa Catarina, feito por Piacentini *et al.* (2004). A ave ocorre em muitas áreas protegidas, mas é tolerante com áreas antropizadas e seu estado populacional parece estável de acordo com a *BirdLife International* (2015). O mapa de registros da espécie fornecido pelo site *wikiaves* pode ser observado na Figura 9.

Figura 9. Mapa de registros da espécie *Xolmis velatus* disponível nos site *wikiaves*.

Alimenta-se predominantemente de insetos e pode ser vista forrageando próximo a indivíduos de *Xolmis cinereus*, capturando insetos no solo ou ar (Fitzpatrick, 1980). São poucas as informações sobre a biologia geral da espécie (Fitzpatrick, 2004).

Figura 10. *Xolmis velatus* fotografada nos campos da Estação Ecológica de Itirapina. Foto: José Carlos Motta-Junior.

1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A.N. 1981. Domínios morfoclimáticos atuais e quaternários na região dos cerrados. *Craton & Intracton* 14:1-39.
- Alatalo, R.V. 1980. Seasonal dynamics of resource partitioning among foliage-gleaning passerines in northern Finland. *Oecologia*. 45: 190-196.
- Bednekoff, P.A. & Houston, A. 1994. Avian daily foraging patterns: effects of digestive constraints and variability. *Evol. Ecol.* 8:36-52.
- Belmonte-Lopes, R. 2008. Biologia e Comportamento da tesoura-do-brejo (*Gubernetes yetapa*, Aves, Tyrannidae) em uma área aberta antropizada. Monografia de conclusão de curso - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Bencke, G. A., Mauricio, G.N., Develey, P.F, & Goerck, J.M. (orgs). 2006. Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil. Parte I – Estado do Domínio da Mata Atlântica. São Paulo: SAVE Brasil.
- Bencke, G.A., Dias, R.A., Bugoni, L., Agne, C.E., Fontana, C.S., Mauricio, G.N. & Machado, D.B. 2010. Revisão e atualização da lista das aves do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Ser. Zoo.* 100 (4): 519-556.
- BirdLife International. 2015. Species factsheet: *Alectrurus tricolor*. Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acessado em 24/07/2015.
- BirdLife International. 2015. Species factsheet: *Gubernetes yetapa*. Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acessado em 24/07/2015.
- BirdLife International. 2015. Species factsheet: *Xomis cinereus*. Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acessado em 24/07/2015.
- BirdLife International. 2015. Species factsheet: *Xomis velatus*. Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acessado em 24/07/2015.
- Cestari, C. 2006. Primeiro registro documentado de *Alectrurus tricolor* para o Pantanal, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 4(2): 155-156.
- Chaves, F.G. & Alves, M.A.S. 2010. Teoria do forrageamento ótimo: premissas e críticas em estudos com aves. *Oecologia Australis* 14(2): 369-380.
- Conner, R.N. (1981) Seasonal changes in woodpecker foraging patterns. *The Auk*. 98: 562-570.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-23.
- Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta bot.bras.* 20 (1): 13-23.

- Chubb, C. 1910. On the birds of Paraguay-Part IV. *The ibis* 4(16):573-574.
- Davies, B.N. 1977. Prey selection and the search strategy of the spotted flycatcher (*Muscicapa striata*): a field study on optimal foraging. *Anim.Behav.*25: 1016-1033.
- Elkins, N. 2004. *Weather and bird behavior*. 3^oed.T & A. D. Poyser. London.
- Esquivel, A.M., Salvador, J.P., Fraga, R., Clay, R.P., Bodrati, A., Del Castillo, H., Klavins, J., Velázquez, M.C., Modroño, A. 2007. Status of the avifauna of san Rafael National Park, one of the last large fragments of Atlantic Forest in Paraguay. *Bird Conservation International* 17(4): 301-317.
- Fitzpatrick, J.W. 1980. Foraging behavior of neotropical tyrant flycatchers. *Condor* 82:43-57.
- Fitzpatrick, J.W. 1981. Search strategies of tyrant flycatchers. *Anim. Behav.* 29:810-821.
- Fitzpatrick, J.W. 1985. Form, foraging behavior, and adaptive radiation in the tyrannidae. *Ornithological Monographs* 36: 447-470.
- Fitzpatrick, J.W. 2004. Family Tyrannidae (Tyrant-flycatchers). In: Del Hoyo, J.; Elliot, A.; Christie, D.A. (eds) *Handbook of the Birds of the World. Cotingas to pipits and wagtails*. Lynx, Barcelona (ES), v.9, p.170-462.
- Ford, H.A., Huddy, L. e Bell, H. 1990. Seasonal changes in foraging behavior of three passerines in Australian eucalyptus woodland. In: Morrison, M.L., Ralph, C.J., Verner, J., & Jehl Jr., J.R.(eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society.p:245-253. (Studies in Avian Biology 13).
- Foreman, L.D. 1978. Activity patterns and foraging behavior of the Scissor-tailed flycatcher.Ph.D. thesis, Texas A&M Univ., College Station, Texas.
- Giannotti, E. 1988. *Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação do Cerrado e de transição entre Cerrado e Mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP)*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Campinas: Instituto de Biociências da Universidade Estadual de Campinas.
- Guillemain, M.,Fritz, H., Blais, S. 2000. Foraging methods can affect patch choice: an experimental study in Mallard (*Anas platyrhynchos*). *Behavioural processes* 50: 123-129.
- Granzinolli, M.A.M. 2009. *Levantamento, área de vida, uso e seleção de hábitat de Falconiformes na região central do Estado de São Paulo*. Tese (Doutorado em Ciências: área Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Grubb, T.C. 1978. Weather-dependent foraging rates of wintering woodland birds. *Auk* 95: 370-376.

Hutto, R.L. 1981. Seasonal variation in the foraging behavior of some migratory western wood warblers. *The Auk* 98: 765-777.

IUCN.2015.IUCN *Red list of Threatened Species*.<http://www.iucnredlist.org> (acesso em 16/07/2015).

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

MacArthur, R.H. & Pianka, E. R.1966. On optimal use of a patchy environment. *American Naturalist* 100: 603-609.

Machado, R.B., Ramos Neto, M.B., Harris, M.B., Lourival, R., & Aguiar, L.M.S. 2004. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. p. 29-38 In Anais: IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Fundação o Botocário de Proteção à Natureza, Curitiba, Brasil.

McNamara, J.M., Houston, A.I. & Lima, S.L.1994. Foraging routines of small birds in winter: a theoretical investigation. *J. Avian Biol.* 25:287-302.

Melo, A. 2012. [WA731758, *Alectrurus risora* (Vieillot, 1824)]. *Wikiaves*. Disponível em www.wikiaves.com/731758. Acesso em: 15 de julho de 2015.

Miles, D.B. 1990. The importance and consequences of temporal variation in avian foraging behavior. In: M. L. Morrison, C. J. Ralph, J. Verner & J.R. Jehl Jr. (eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society. p:210-217. (Studies in Avian Biology 13).

Mittermeier, R.A.N., Myers, P., Robles Gil, P. & Mittermeier, C.G. 1999. *Hotspots: earth biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Agrupación Sierra Madre: Cemex.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2008. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em 15 de julho de 2015.

Molokwu, M.N., Nilsson, J., Ottosson, U. & Olsson, O. 2010. Effects of season, water and predation risk on patch use by birds on the African savannah. *Behavioral ecology* 164: 637-645.

Motta-Júnior, J.C., Granzinolli, M.A. & Develey, P.F. 2008. Aves da Estação Ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 8(3): 206-227.

Murphy, M.T. 1987. The impact of weather on kingbird foraging behavior. *The Condor* 89:721-730.

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

Olsson, O., Wiklander, U., Nilsson, G. 2000. Daily foraging routines and feeding effort of a small bird feeding on a predictable resource. *Proc.R.Soc.Lond.B.* 267:1457-1461.

Pacheco-Nunes, A., Godoi, M.N., Pivatto, M.A.C., Morante-Filho, J.C., Patrial, E.W., Silva, P.A., Stavis, V.K., Manço, D.G., Costacurta, M.B., Leuchtenberger, C., Lehn, C.R. Aves da Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 21(1):75-100.

Parrini, R. 2015. *Quatro estações história natural das aves na Mata Atlântica: uma abordagem trófica*. 1º ed. Technical Books. Rio de Janeiro.

Perry, G. & Pianka, E.R. 1997. Animal foraging: past, present and future. *Trends in ecology and evolution* 12:360-364.

Piacentini, V.Q., Straube, F.C., Campbell-Thompson, E.R. & Rocha, H.J.F. 2004. Novo registro da noivinha branca, *Xolmis velatus* (Tyrannidae), em Santa Catarina, Brasil, ao sul de sua distribuição. *Ararajuba* 12(1) :1-2.

Recher, H.F. 1990. Specialist or generalist: avian response to spatial and temporal changes in resources. In: M .L. Morrison, C .J. Ralph, J. Verner e J.R. Jehl Jr.(eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence:Cooper Ornithological Society. p:333-336. (Studies in Avian Biology 13).

Ricklefs, R.E. 1996. *A economia da natureza*. 3ºed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.

Ridgely, R.S. & Tudor, G. 1994. *The birds of South America. Vol.II: The Suboscines Passerines*. Austin, USA: University of Texas Press.

Sakai, H.F & Noon, B.R. 1990. Variation in the foraging behaviors of two flycatchers: associations with stage of the breeding cycle. In: Morrison, M.L., Ralph, C.J., Verner, J. & Jehl Jr., J.R. (eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society. p:237-244. (Studies in Avian Biology 13).

Sallie, J.H. & Verner, J. 1990. Within-season and yearly variations in avian foraging locations. In: M .L. Morrison, Ralph, C.J., Verner, J. & Jehl Jr., J.R. (eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society p: 202-209. (Studies in Avian Biology 13).

Scario T, A., Souza-Silva, J.C. & Felfili, J.M. 2005. *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

Sick, H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

Silveira, L.F., Benedicto, G.A., Schunck, F. & Sugieda, A.M. 2009. Aves. In: Bressan, P.M., Kierulff, M.C.M. & Sugieda, A.M.(orgs). Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente.

Simpson, J.E. 1967. Swifts in sea-breeze fronts. *Brit. Birds* 60: 225-239.

Stephens, D.W. & Krebs, J.R. 1986. *Foraging Theory*. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Straube, F.C., Urben Filho, A. & Kajiwarra, D. 2004. Aves. In: Mikich, S.B. & Bérnils, R.S. (orgs). Livro vermelho da fauna ameaçada do Paraná. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná.

Taylor, L.R. 1963. Analysis of the effect of temperature on insects in flight. *Journal of Animal Ecology* 32: 99-117.

Troy, J.R. & Baccus, J.T. 2009. Effects of weather and habitat on foraging behavior of non-breeding Eastern Phoebe. *The Wilson Journal of Ornithology* 121(1): 97-103.

Teather, K. 1992. Foraging patterns of male and female Scissor-tailed flycatchers. *Journal of Field Ornithology*. 63(3):318-323.

Wied, M. (Prinzen zu). 1831. *Beiträge zur Naturgeschichte von Brasilien*. III (2). Weimar, Landes-Industrie-Comptoirs.

Willson, M.F. 1970. Foraging behavior of some winter birds of deciduous woods. *Condor*. 72: 169-174.

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-Estação Ecológica e Experimental de Itirapina*. São Paulo: Instituto Florestal.

Capítulo 2

**Métodos de observação direta em estudos sobre comportamento de
forrageamento.**

RESUMO

Os métodos sequenciais de observação utilizados em estudos comportamentais são apropriados para estudos feitos com espécies raras, difíceis de serem visualizadas entre a vegetação densa ou quando taxas e transições de comportamentos são importantes para a pesquisa. Entretanto, a escolha de observações sequenciais implica em problemas com a dependência entre os registros, pois estes possuem erros correlacionados que promovem uma estimativa subestimada da variância da amostra. Ferramentas estatísticas que permitam ajustes para autocorrelação devem ser utilizadas nestes casos. Os modelos lineares generalizados mistos podem contribuir com as análises de registros contínuos por modelar a parte aleatória com a inclusão de uma matriz de variâncias-covariâncias.

Palavras chave: métodos sequenciais de observação; forrageamento.

ABSTRACT

Sequential observations in studies of avian foraging.

The sequential observational methods used in behavioural studies are suitable for surveys of species considered rare and difficult to see among the dense vegetation or when behaviors rates and transitions are important for research. However, the selection of sequential observations denotes problems related to the dependency between records, since these have correlated errors that promote underestimated value of the sample variance. Statistical tools that allow statistical adjustment for auto-correlation should be used in these cases. The generalized linear mixed models can contribute to the analysis of continuous records by modeling the random part including a variance-covariance matrix.

Key words: sequential methods of observation; foraging.

2.1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre o comportamento de forrageamento das espécies de aves contribuem com informações relevantes para a compreensão sobre processos ecológicos como partição de recursos, interações intra e interespecíficas, além de auxiliar pesquisas sobre o padrão de composição de comunidades (Fitzpatrick, 1980, 1981; Recher, 1990; Miles, 1990; Volpato & Mendonça-Lima, 2002; Botero-Delgadillo, 2011). Existem variedades nas abordagens dos estudos sobre forrageamento e diversos métodos podem ser utilizados e/ou combinados para melhor auxiliar na resolução de questões específicas. Nos últimos anos a rádio-telemetria e os geolocalizadores têm sido ferramentas bastante úteis, especialmente para estudos cujo objetivo é compreender o uso do espaço durante o forrageio (Pettex *et al.*, 2012, Caron-Beaudoin *et al.*, 2013; Navarro *et al.*, 2013; Cestari & Pizo, 2013). Porém, muitas questões sobre substrato de forrageamento e técnicas de captura de presas requerem consideráveis horas de observação direta do animal (Altmann, 1974; Troy & Baccus, 2009; Wright & Radford, 2010; Davison & Fitzpatrick, 2010).

Quando as informações sobre o comportamento de forrageamento serão coletadas por meio de observação direta, especial atenção deve ser dada aos critérios utilizados para a obtenção destes registros comportamentais, pois as observações podem ser pontuais ou sequenciais. O método de observação pontual considera somente o primeiro evento observado do comportamento que será estudado, geralmente no momento em que a ave é avistada, ou após um curto intervalo definido pelo pesquisador. As observações sequenciais acontecem quando a ave é seguida e os dados comportamentais são registrados continuamente ou em intervalos pré-definidos (Recher & Gebski 1990). Quando as medidas comportamentais são feitas repetidamente para um indivíduo ao longo do tempo podemos chamar de estudo longitudinal (Faraway, 2006).

A opção por observações sequenciais implica em problemas com a dependência entre os registros, pois estes possuem erros correlacionados que promovem uma estimativa subestimada da variância da amostra, o que torna os dados inadequados para muitas ferramentas estatísticas multivariadas

(Wagner, 1981; Morrison, 1984; Setz & Hoyos, 1985; Sallie *et al.*, 1990). De acordo com Costa (2003), quando uma unidade experimental é observada ao longo do tempo (longitudinal), espera-se que haja uma correlação entre estas unidades, o que acarreta em violação da suposição de independência. Delineamentos pontuais podem evitar a dependência entre as amostras, contudo, podem superestimar comportamentos e locais de forrageamento conspícuos (Morrison, 1984; Recher & Gebiskib, 1990).

Assim, a escolha do método de coleta de dados e posteriormente das ferramentas estatísticas que serão utilizadas nos protocolos de pesquisa deve ser feita de forma cautelosa para garantir que as questões propostas sejam elucidadas de maneira inequívoca. O delineamento metodológico que será aplicado no estudo deve ser elaborado após considerações sobre fatores como estrutura do habitat, o grau de conhecimento sobre o comportamento de forrageio da espécie a ser estudada, a facilidade de encontrar a ave, seu grau de mobilidade, e, principalmente, qual hipótese será testada, pois os diferentes métodos podem ser mais ou menos adequados de acordo com variações nestes fatores.

Alguns autores nas décadas de 80 e 90 fizeram comparações entre os métodos de observação pontual e sequencial para melhor analisar as informações de seus estudos (Wagner, 1981; Morrison, 1984; Franzreb, 1984; Sallie *et al.*, 1990). Os resultados demonstraram que o contexto que envolve a pesquisa é determinante para que um ou outro método seja recomendado. Um exemplo acontece quando o fator tempo é essencial na abordagem. De acordo com Setz & Hoyos (1985), o grande benefício de se estimar as porcentagens de tempo alocado para as diversas atividades é a de possibilitar comparações entre ambientes ou entre organismos, pois espécies com ampla distribuição geográfica podem experimentar habitats com diferentes disponibilidades de alimentos e apresentar reflexos destas diferenças na quantidade de tempo dedicada à alimentação. Assim, muitos estudos etológicos e ecológicos podem estimar taxas de ataque e de movimentação de um substrato para outro, além da criação de etogramas com as transições entre comportamentos. Para estes modelos experimentais, cujo tempo é um fator intrínseco, métodos sequenciais são obrigatórios (Salie *et al.* 1990).

Apesar da relevância do método sequencial para alguns protocolos, Sallie *et al.* (1990) concluíram que este é inoportuno para estimar proporções de locais de forrageamento, a menos que uma análise estatística apropriada seja utilizada para lidar com a forte autocorrelação. É possível evitar a autocorrelação ao utilizar apenas a observação do primeiro comportamento exibido pela ave (pontual), porém este método apesar de adequado para avaliar locais comuns de forrageamento, pode não ser adequado para estimar os locais não habituais. Assim as observações pontuais podem ter um viés de visibilidade e superestimar locais comuns e de fácil visualização de forrageamento, pois existe alguma dificuldade em encontrar aves que estão forrageando em locais cobertos. Contudo, os registros contínuos também podem introduzir viés. Wagner (1981) observou em um estudo com diversas espécies de aves insetívoras que os resultados obtidos a partir de métodos sequenciais supervalorizaram o substrato mais comum de forrageamento, neste caso, árvores decíduas. A sequência de observação durava mais quando a ave forrageava em vegetação decídua ao passo que esta facilitava a visualização da ave. Assim, o método sequencial aumentava o viés quando comparado ao método inicial para locações de forrageamento. Mas em suas análises sobre o tamanho dos poleiros utilizados, encontrou uma supervalorização de poleiros com menos de um centímetro quando utilizou o método de observação inicial. Estes poleiros são comuns na porção exterior da vegetação e este viés foi corrigido quando observações sequenciais foram feitas. Assim, o método escolhido terá um efeito sobre os resultados, mas nem sempre a utilização de observação inicial será o mais enviesado para locais visíveis.

Considerações acerca do tipo de habitat em que a ave será estudada também podem direcionar o tipo de método a ser escolhido. De acordo com Hertz *et al.* (1976), o método pontual pode ser adequado quando trabalhamos com aves que forrageiam em áreas abertas, entretanto, pode não ser o melhor para estudos com aves forrageadoras de vegetações densas, onde é mais difícil visualizar a ave. Raphael (1990) enfatiza que aves podem ser difíceis de serem encontradas e recomenda que seguir uma ave pode ser mais eficiente em um trabalho de campo do que abandoná-la após uma ou duas observações e sair à procura de outra ave. Este argumento é muito importante quando

tratamos de espécies raras em que o encontro não é trivial. Ressaltamos que aves muitas vezes são inconspícuas mesmo em áreas campestres, pois podem forragear no estrato baixo de vegetação herbácea, não ter coloração chamativa e vocalizar pouco, o que dificulta sua detecção. Assim, de acordo com Recher & Gebeskib (1990), a escolha do método de observação não pode ocorrer sem considerações sobre a facilidade de estudar a ave em questão. Os métodos sequenciais podem ser vantajosos nestes casos por permitirem que um maior aproveitamento do tempo em campo (Wagner, 1981).

Quando comportamentos ou locações incomuns são fatores relevantes para o protocolo de pesquisa é preciso considerar que diferentes resultados podem ser obtidos de acordo com o método que for utilizado. Os métodos sequenciais costumam englobar os comportamentos não comuns, algo relevante quando não conhecemos muito sobre o comportamento da ave. Morrison (1984) observou que alguns comportamentos apresentam-se com baixa frequência e alguns substratos utilizados pelas aves são perdidos quando o método utilizado é o pontual. Recher & Gebeskib (1990) fizeram um estudo com aves habitantes de florestas de eucaliptos e constataram que a primeira observação pode supervalorizar ataques mais ativos (*hawking*) e também alguns substratos comuns de forrageamento, como a folhagem. Portanto, Recher & Gebeskib (1990) recomendam que para evitar os problemas de viés obtidos com os métodos de observação iniciais, pesquisadores podem descartar a primeira observação ou estabelecer um período de espera, mas lembram que fizeram o estudo com aves fáceis de serem encontradas e não havia necessidade de enfrentar os problemas de dependência dos métodos sequenciais.

Pretendemos aqui discutir as vantagens e desvantagens de cada escolha a partir dos resultados de testes feitos com os dados sobre modos de ataque observados em tiranídeos na Estação Ecológica de Itirapina, durante o ano de 2012. A partir destes resultados foi possível escolher o método de análise dos dados que serão apresentados no capítulo posterior.

2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram efetuadas observações sobre os modos de ataque utilizados por quatro espécies de aves predominantemente insetívoras, pertencentes à família Tyrannidae, *Alectrurus tricolor*, *Xolmis cinereus*, *Xolmis velatus* e *Gubernetes yetapa*. Os comportamentos foram registrados a partir do momento em que a ave foi encontrada até que ela parasse de forragear ou desaparecesse de vista. Os dados foram coletados por uma única pesquisadora, com auxílio de binóculos 10x50 e gravador para registrar os comportamentos observados. O estudo foi feito nos campos limpos, campos sujos, campos cerrados e campos úmidos da Estação Ecológica de Itirapina, um remanescente de Cerrado no estado de São Paulo (ver Introdução Geral), durante as estações seca e chuvosa do ano de 2012. Os comportamentos de ataque das aves foram classificados de acordo com as categorias comportamentais descritas por Fitzpatrick (1980):

-**Aerial hawking**: Quando a ave deixa o poleiro em que realizou a procura e investe em um voo para perseguir e capturar presas aéreas.

-**Perch-to-ground**: Presas são capturadas no solo (ou gramíneas próximas ao solo) após um período em que a ave realizou a procura em um poleiro mais alto.

-**Ground**: Presas do solo são localizadas enquanto a ave está caminhando, correndo ou parada no chão.

-**Perch-gleaning**: Inclui algumas manobras em que presas estacionárias são capturadas de um substrato enquanto a ave permanece empoleirada.

-**Sally-gleaning**: Engloba diversas variações de um modo de ataque em que a presa é capturada de um substrato enquanto a ave voa a partir de um poleiro. Utilizamos a subcategoria **outward-striking**, quando a presa estacionária é capturada durante um voo direto, horizontal ou descendente, apenas para *Alectrurus tricolor*, pois foi um comportamento exibido frequentemente pela espécie.

-**Hover-ground**: Quando a ave passava um tempo peneirando no ar antes de capturar uma presa no solo. Nós atribuímos este nome para este comportamento que não foi descrito por Fitzpatrick (1980).

2.2.1. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Calculamos para cada espécie quantas vezes foi observada cada uma das manobras de forrageamento citadas acima nas amostras com apenas a primeira observação e nas amostras sequenciais. Se não existir viés nas observações, as proporções entre as distintas táticas de forrageamento devem ser similares entre os dois métodos utilizados. Para testar aplicamos o teste qui-quadrado realizado com o *Software Statistica* 6.0, adotando-se um nível de significância igual a 5% (Zar, 1999).

Para avaliar a diversidade de comportamentos encontrada nas duas amostras, utilizamos o índice de Levins (1968) padronizado segundo Hurlbert (1978), que considera especialista índices próximos de 0 e generalistas índices próximos de 1:

$$B = 1/\sum p_j^2,$$

B= índice de largura de nicho de Levins.

P_j= proporção do modo de forrageamento em relação ao total dos modos observados.

Padronizado como::

$$B_p = (B-1)/(n-1) \text{ onde: } B = \text{índice de Levins}$$

n= número total de técnicas utilizadas.

2.3. RESULTADOS

Nossos resultados demonstraram diferenças entre os métodos de observação, que foram significativas para *Xolmis cinereus* e *Xolmis velatus* (Tabela 1), e consideramos estas diferenças importantes para direcionar nossa escolha para os próximos passos. Para *Xomis cinereus*, o comportamento *Perch-to-ground*, aquele em que a ave executou com maior frequência, foi supervalorizado quando utilizamos apenas a primeira observação (Tabela 1). *Aerial Hawking*, o segundo comportamento mais utilizado pela ave, aparece

com mais importância entre as técnicas utilizadas quando adotamos o método sequencial (Tabela 1), o que indica que podemos observar maior plasticidade nos comportamentos exibidos pela ave quando escolhemos o método sequencial, o que está de acordo com os resultados obtidos com o índice de diversidade de Levins (Tabela 2). Este argumento também é reforçado pelo fato de o comportamento *Perch-gleaning*, menos frequente, aparecer somente quando utilizamos sequências de comportamento. Aqui podemos dizer que o método inicial pode ser enviesado para comportamentos mais comuns (*Perch-to-ground*) e não apropriado para registrar comportamentos raros (como o *Perch-gleaning*), o que dificulta a compreensão sobre a diversidade de manobras de forrageamento que podem ser utilizadas pela ave.

O método sequencial foi importante para observar a relevância de comportamentos menos frequentes também para *Xolmis velatus*, pois apesar de não existir muita diferença entre a quantidade de *Perch-to-ground* (comportamento mais executado) entre os dois métodos, podemos observar nítida diferença entre os outros modos de acordo com o método utilizado. Quando utilizamos o método sequencial, pudemos perceber que *Xolmis velatus* diversifica um pouco mais seus comportamentos (Tabela 2), com presença de duas técnicas não registradas quando usamos apenas as observações iniciais, *Ground* e *Sally-gleaning*, e maior proporção de *Hover-gleaning* e *Perch-gleaning* (Tabela 1).

Tabela 1. Percentuais de manobras de ataque utilizados por *Xolmis cinereus*, *Xolmis velatus*, *Alectrurus tricolor* e *Gubernetes yetapa* de acordo com o método de observação pontual (Obs P) ou método de observação sequencial (Obs S). *Xolmis cinereus* $\chi^2 = 26,10$; df=5; p=0,000, *Xolmis velatus* $\chi^2 = 33,45$; df=5; p=0,000, *Gubernetes yetapa* $\chi^2 = 3,27$; df=5, p=0,65 e *Alectrurus tricolor* $\chi^2 = 5,17$; df=5; p=0,39.

Espécie	<i>Xolmis cinereus</i>		<i>Xolmis velatus</i>		<i>Alectrurus tricolor</i>		<i>Gubernetes yetapa</i>	
	Obs P	Obs S	Obs P	Obs S	Obs P	Obs S	Obs P	Obs S
Modo de ataque (%)								
<i>Aerial hawking</i>	18	37	43	21	68	62	61	60
<i>Perch-to-ground</i>	75	59	49	55	11	17	30	28
<i>Ground</i>	4	2	0	1	0	0	0	0
<i>Perch-gleaning</i>	0	1	3	6	0	2	4	9
<i>Sally-gleaning/outward-striking</i>	4	1	0	1	22	19	4	3
<i>Hover-ground</i>	0	0	6	16	0	0	0	0

*N= *Alectrurus tricolor*: OP=37 OS=157, *Gubernetes yetapa*: OP=23 OS=67, *Xolmis cinereus*: OP=57 OS=246, *Xolmis velatus*: OP=35 OS=265.

Para *Alectrurus tricolor* não houve diferença significativa entre os percentuais obtidos de acordo com o método utilizado, mas o comportamento menos frequente, *Perch-gleaning*, só foi registrado quando utilizamos o método sequencial (Tabela 1). As sequências comportamentais obtidas para *Gubernetes yetapa* foram aquelas com menor duração entre as quatro espécies estudadas e também foram as aves em que coletamos o menor número de dados em 2012. Talvez estes fatos tenham influenciado o fato de não termos encontrado diferença entre as proporções de comportamentos de acordo com o método utilizado, o que talvez seja reflexo do tamanho da amostra (Tabela 1). Porém, estas duas espécies, assim como *Xolmis cinereus* e *Xolmis velatus*, tiveram maiores índices de diversidade quando utilizamos o método sequencial (Tabela 2).

Tabela 2. Índice de diversidade de Levins encontrados quando utilizamos os métodos pontual e sequencial de observação para *Xolmis cinereus*, *Xolmis velatus*, *Alectrurus tricolor* e *Gubernetes yetapa*.

	Observação Pontual	Observação Sequencial
<i>Xolmis cinereus</i>	0,16	0,27
<i>Xolmis velatus</i>	0,27	0,33
<i>Alectrurus tricolor</i>	0,23	0,30
<i>Gubernetes yetapa</i>	0,38	0,41

2.4. DISCUSSÃO

Nossos resultados foram similares àqueles obtidos por Morrison (1984), em que comportamentos de ataque, substratos de captura e altura de poleiro menos frequentes foram subestimados quando o autor utilizou método de observação pontual. Recher & Gebski (1990) constataram que os comportamentos de ataque mais ativos são superestimados na primeira observação, enquanto os comportamentos menos ativos, como *Perch-gleaning*, são menos frequentes. Assim, podemos verificar que o método de observação escolhido irá influenciar os resultados e a escolha dependerá de objetivos específicos do estudo. Com os resultados de nossos testes, optamos por

utilizar o método sequencial de observação para os dados que serão apresentados no capítulo posterior, pois é de nosso interesse abranger a diversidade de comportamentos que podem ser exibidos pelas aves estudadas, o que contribuirá com investigações sobre o modo como as alterações em fatores meteorológicos, sejam sazonais ou não, podem de alguma forma influenciar a presença de determinado comportamento. Portanto, quanto mais ampla for a amostra, maior a possibilidade de comportamentos menos comuns serem incluídos. Este método também permite um maior aproveitamento do tempo em campo, pois as aves nem sempre são encontradas com facilidade. A escolha do método sequencial implica em buscar métodos de análises estatísticas que sejam adequadas para dados que não atendam ao pressuposto de independência exigido por algumas ferramentas de análises de dados paramétricas (Sallie *et al.*, 1990).

Diversos pesquisadores evitaram o problema da dependência utilizando métodos de observação pontual quando estes foram adequados para seus propósitos (Conner, 1981; Sallie & Verner, 1990; Sakai & Noon, 1990; Ragusa-Neto, 1997), enquanto outros utilizaram métodos sequenciais com intervalos de tempo entre as observações (Miles, 1990; Manhães, 2003; Lopes, 2005; Faria *et al.*, 2007; Chouteau, 2009; Jahn *et al.*, 2010; Screnci-Ribeiro & Duca, 2010; Couchoux & Cresswell, 2011). Os intervalos costumam variar entre segundos até uma hora, mas poucos são os estudos que fazem testes de correlação para estabelecer intervalos que realmente garantam a independência. Em uma pesquisa realizada por Setz & Hoyos (1985), testes de correlações seriadas feitas com observações sobre o comportamento de bugios demonstraram que intervalos menores que 20 min não foram suficientes para garantir a independência entre os registros dos comportamentos daqueles primatas. De acordo os testes feitos por Sallie *et al.* (1990), houve forte dependência entre as observações sequenciais, mesmo entre o primeiro e o quinto registro, sobre sítios e substratos de forrageamento utilizados por cinco espécies de aves passeriformes. No entanto, Porter (1985) concluiu que 10 min de intervalo garantiram a independência das observações para *Picoides borealis*, um pica-pau estudado por ele. Para atribuir um intervalo adequado, que permita a independência entre as amostras, devemos considerar o grau de mobilidade da espécie, quanto maior for a movimentação menor poderá ser o intervalo entre

as observações. Contudo, é aconselhável que testes de autocorrelação sejam feitos antes que se estabeleça o intervalo que será utilizado entre as observações.

O método sequencial com intervalos pode ainda não ser adequado para estudos em que a ave é difícil de ser encontrada ou pode ser perdida de vista com facilidade entre a vegetação, faz longos deslocamentos, pertence a pequenas populações ou quando as taxas de comportamentos são importantes no desenho experimental. Nestes casos, o método sequencial sem intervalos pode garantir que um maior aproveitamento seja feito no momento do encontro com a ave. De acordo com Hertz *et al.* (1976), ao seguirmos indivíduos durante longas rotinas de forrageamento, conseguiremos um mais completo documento do padrão de forrageamento para cada espécie. Desta forma, a utilização de ferramentas estatísticas adequadas para análises de dados dependentes é um passo importante para alguns estudos do comportamento alimentar.

Na década de 80 poucas eram as opções para evitar os problemas de dependência quando se optava por dados sequenciais. Morrison (1984) naquela ocasião recomendava o uso de uma grande amostra, com no mínimo 30 indivíduos e cerca de 150 observações sequenciais, para amenizar estes problemas de dependência entre os dados. Brennan & Morrison (1990) trataram cada série com até nove registros comportamentais como uma única amostra $n=1$. Segundo os autores, a incorporação de registros sequenciais do comportamento de forrageamento em uma única amostra permite evitar problemas de dependência que surgem quando cada registro sequencial é tratado como uma amostra individual. Airola & Barret (1985), Troy & Baccus (2009), Engilis Jr & Kelt (2009) e Davison & Fitzpatrick (2010) também optaram por tratar os registros sequenciais de uma única ave focal como uma única unidade amostral para evitar as pseudoréplicas de observações sequenciais de uma mesma ave.

Alguns autores, especialmente na década de 90, analisaram seus dados sequenciais com as cadeias de Markov (Setz & Hoyos, 1985; Hejl *et al.*, 1990; Raphael, 1990; Riley & Smith, 1992). Considera-se um processo estocástico com características Markovianas quando as distribuições de probabilidades para passos futuros do processo dependem somente do estado presente, independente dos estados anteriores (cadeia de primeira ordem), ou seja, ao

considerarmos o estado presente, passado e futuro são independentes entre si (Setz & Hoyos 1985, Raphael, 1990). Para as análises são construídas matrizes com probabilidades de transição de um estado para outro, como frequências de aves que transitam da árvore A para a árvore B, no tempo futuro a partir do estado presente. As matrizes contêm as proporções das transições entre os estados para determinados intervalos de tempo e comportamentos menos frequentes são desconsiderados (Raphael, 1990). É importante lembrar que para que haja uma cadeia markoviana a probabilidade de transição deve ser constante, estacionária, ou seja, que a possibilidade de transição a partir de uma posição para a próxima deve permanecer a mesma independente do momento em que foi coletado. De acordo com Raphael (1990) as cadeias de Markov são adequadas para analisar dados sequenciais, pois reconhecem a interdependência destas observações. Podemos dizer que são apropriadas para estudos com transições de comportamentos, mas não contemplam muitos aspectos importantes em estudos sobre forrageamento, como questões referentes ao tempo em cada unidade de habitat, tempo de procura por presas, distâncias percorridas ou altura de poleiro (Riley & Smith, 1992).

Entre as possibilidades mais recentes, o ANOVA para medidas repetidas pode ser uma alternativa útil para analisar dados sequenciais (Wright & Radford, 2010), porém é preciso ter atenção aos pressupostos requeridos pelo teste. Consiste em medir os mesmos indivíduos em todas as condições propostas pelo estudo, portanto há correlação entre os dados (Zar, 1999). Mas é preciso que existam correlações similares entre todas as condições, ou seja, a variância da diferença entre as médias estimadas para um par de grupos (condições) deve ser a mesma de qualquer outro par e assim atender a suposição de esfericidade. Esta suposição é difícil de ser atendida e isto deve ficar explícito no teste para que exista algum ajuste no grau de liberdade e o teste possa ser mais rigoroso (Zar, 1999). O teste não é adequado para dados ausentes de alguns sujeitos da pesquisa. Uma opção é o MANOVA que não requer variáveis dependentes equitativamente correlacionadas como exige o ANOVA para medidas repetidas, ou seja, não requer um padrão de matriz de variância-covariância, que neste caso é chamada de matriz desestruturada (von Ende, 2009). Entretanto, o fato de MANOVA ser menos restritivo em relação à matriz de variância-covariância faz com que o poder do MANOVA

seja menor, especialmente quando o número de variáveis dependentes aumenta e o tamanho da amostra decresce.

Uma possibilidade bastante atraente para lidar com observações sequenciais e que tem sido utilizada nos últimos anos (Davison & Fitzpatrick, 2010; Pettex *et al.*, 2012; Bonter *et al.*, 2013) é considerar a estrutura da matriz de variância-covariância na análise dos dados. São métodos baseados em regressão que podem ser chamados de modelos com efeitos aleatórios ou modelos lineares generalizados mistos (GLMM: Generalized Linear Mixed Models) ((von Ende, 2009). Os efeitos aleatórios são fatores associados com unidades experimentais individuais que foram aleatoriamente amostrados de uma população. Quando os dados podem ser agrupados de acordo com um ou mais fatores de classificação e formam unidades experimentais homogêneas, como dados de medidas repetidas, existirá uma associação de efeitos aleatórios comuns às observações que compartilham o mesmo nível de um fator de classificação e uma estrutura de correlação no erro experimental (Pinheiro & Bates, 2000; Costa, 2003; Faraway, 2006; Fausto *et al.*, 2008; Bolker *et al.*;2009).

Os GLMM incorporam efeitos fixos, ou seja, parâmetros associados com uma população como um todo, e efeitos aleatórios, e são utilizados para modelar a parte aleatória por meio da inclusão de uma matriz de variâncias-covariâncias. A incorporação dos efeitos aleatórios na análise permite que os efeitos das unidades amostrais sejam tratados como variações aleatórias em torno da média da população e possibilita quantificar a variação entre as unidades. Desta forma, incluem a dependência dos dados e a estrutura de correlação dos erros (Pinheiro & Bates, 2000; Costa, 2003; Faraway, 2006; Fausto *et al.*, 2008; Bolker *et al.*;2009). De acordo com von Ende (2009) a maior vantagem deste método é o fato de ele disponibilizar uma variedade de matrizes de covariância cuja estrutura é intermediária entre a abordagem multivariada irrestrita e a abordagem univariada restritiva, além de permitir sujeitos com dados ausentes ou observações repetidas desigualmente espaçadas.

2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de métodos pontuais de observação é adequada para estudos comportamentais em populações grandes e para aves que podem ser facilmente localizadas na vegetação, pois pode garantir que problemas com a dependência entre as amostras sejam evitados. Quando o estudo em questão irá abordar o comportamento de forrageamento de espécies raras, aves difíceis de serem visualizadas entre a vegetação densa e, principalmente, quando questões temporais (taxas) são importantes no desenho experimental, métodos sequenciais devem ser utilizados e alternativas para evitar os problemas de dependência não podem ser esquecidas.

Pesquisadores tentam evitar a dependência entre os registros e aproveitar um maior número de dados de uma mesma ave ao utilizar dados sequenciais com intervalos que garantam a independência. A variabilidade entre o comportamento das espécies, seu grau de mobilidade e até variação entre indivíduos são fatores importantes para o estabelecimento do tempo de intervalo. Entretanto, uma crítica que faço a este método é que informações relevantes para o estudo podem ser perdidas durante o intervalo em que as observações são descartadas. Quando sabemos pouco sobre o comportamento de uma espécie é importante que aproveitemos o maior número de informações possível nos momentos em que temos a oportunidade de acompanhar o forrageio da ave. O método de observação deve ser adequado para garantir que informações biológicas não sejam perdidas e ser adequado à realidade do trabalho de campo.

Assim, o método sequencial sem intervalos permite que um maior número de informações possa ser obtido e um maior aproveitamento do tempo em campo. Para que o método seja apropriado e nenhuma violação aos pressupostos estatísticos aconteça é importante que o pesquisador esteja atento aos procedimentos estatísticos que podem ser aplicados aos registros coletados continuamente. Os GLMM podem ser uma alternativa viável para estudos com observações dependentes por incluir os fatores aleatórios nas análises de dados.

2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Airola, D.A. & Barret, R.H. 1985. Foraging and habitat relationships of insect-gleaning birds in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *The Condor* 87: 205-216.

Altmann, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-297.

Bolker, B.M.; Brooks, M.E.; Clark, C.J.; Geange, S.W.; Poulsen, J.R.; Stevens, M.H.H. & White, J.S.S. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 24(3): 127-135.

Bonter, D.N.; Zuckerberg, B.; Sedgwick, C.W. & Hochachka, W.M. 2013. Daily foraging patterns in free-living birds: exploring the predation-starvation trade-off. *Proc R Soc B* 280 : 1-7.

Botero-Delgadillo, E. 2011. Cuantificando el comportamiento: estrategias de búsqueda y ecología de forrajeo de 12 especies sintópicas de Atrapamoscas (Tyrannidae) en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Brasileira de Ornitologia* 19(3): 343-357.

Brennan, L.A. & Morrison, M.L. 1990. Influence of sample size on interpretations of foraging patterns by chestnut-backed chickadees. p.187-192. In: M. L. Morrison, C. J. Ralph, J. Verner e J.R. Jehl Jr.(eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society (Studies in Avian Biology 13).

Caron-Beaudoin, E.; Gentes, M.L.; Patenaude - Monette, M.; Hélie, J.F.; Giroux, J.F.; Verreault, J. 2013. Combined usage of stable isotopes and GPS-based telemetry to understand the feeding ecology of an omnivorous bird, the Ring-billed Gull (*Larus delawarensis*). *Canadian Journal of Zoology* 91(10): 689-697.

Cestari, C.; Pizo, M.A. 2013. Seed dispersal by the lek-forming white-bearbed manakin (*Manacus manacus*, Pipridae) in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Tropical Ecology* 29:381-389.

Chouteau, P. 2009. Impact of logging on the foraging behaviour of two sympatric species of Couas (*Coua coquereli* and *Coa gigas*) in the western dry forest of Madagascar. *C.R. Biologies* 332: 567-578.

Conner, R.N. 1981. Seasonal changes in woodpecker foraging patterns. *The Auk* 98:562-570.

Costa, S.C. 2003. Modelos lineares generalizados mistos para dados longitudinais. *Tese de doutorado*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, Brasil. 110p.

- Couchoux, C. & Cresswell, W. 2011. Personality constraints versus flexible antipredation behaviors: how important is boldness in risk management of redshanks (*Tringototanus*) foraging in a natural system? *Behavioral Ecology* 23: 290-301.
- Davison, M.A. & Fitzpatrick, J.W. 2010. Role of human-modified habitat in protecting specialist species: A case study in the threatened Florida Scrub-Jay. *Biological Conservation* 143: 2815-2822.
- Engilis, J.R; A. & Kelt, D.A. 2009. Foraging behavior of tufted Tit-Tyrants (*Anairetes parulus*) in semiarid northcentral Chile. *The Wilson Journal of Ornithology* 121(3): 585-592.
- Faraway, J.J. 2006. *Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models*. Chapman & Hall/CRC. 301p.
- Faria, L.C.P.; Carrara, L. A. & Rodrigues, M. 2007. Sistema territorial e forrageamento do fura-barreira *Hylocryptus rectirostris* (Aves: Furnariidae). *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15(3): 395-402.
- Fausto, M.A.; Carneiro, M.; Antunes, C.M.F.; Pinto, J. A. & Colosimo, E.A. 2008. O modelo de regressão linear misto para dados longitudinais: uma aplicação na análise de dados antropométricos desbalanceados. *Cad. Saúde Pública* 24(3): 513-524.
- Fitzpatrick, J.W. 1980. Foraging behavior of neotropical tyrant flycatchers. *Condor* 82:43-57.
- Fitzpatrick, J.W. 1981. Search strategies of tyrant flycatchers. *Anim. Behav.* 29: 810-821.
- Franzreb, K.E. 1984. Foraging habits of Ruby-Crowned and Golden-Crowned kinglets in an Arizona Montane Forest. *The Condor* 86:139-145.
- Jahn, A.E.; Levey, D.J.; Mamani, A.M.; Saldias, M.; Alcoba, A.; Ledezma, M.J.; Flores, B.; Vidoz, J.Q. & Hilarion, F. 2010. Seasonal differences in rainfall, food availability, and the foraging behavior of Tropical Kingbirds in the southern Amazon Basin. *Journal of Field Ornithology* 81 (4): 340-348.
- Hertz, P.E.; Remsen, JR, J.V. & Zones, S.I. 1976. Ecological complementarity of three sympatric parids in a California oak woodland. *The Condor* 78:307-316.
- Levins, R. 1968. *Evolution in changing environments: some theoretical explorations*. Priceton: Princeton Univ. Press.
- Lopes, L.E. 2005. Dieta e comportamento de forrageamento de *Suiriri affinis* e *S. islerorum* (Aves, Tyrannidae) em um cerrado do Brasil central. *Iheringia, Ser. Zool.*, 95(4): 341-345.

Manhães, M. A. 2003. Variação sazonal da dieta e do comportamento alimentar de traupíneos (Passeriformes: Emberizidae) em Ibitioca, Minas Gerais, Brasil. *Ararajuba* 11(1): 45-55.

Miles, D. B. 1990. The importance and consequences of temporal variation in avian foraging behavior. p.210-217. *In*: Morrison, M.L.; Ralph, C.J.; Verner, J. & Jehl Jr, J.R. (eds.) Avian foraging: theory, methodology, and applications. Lawrence: Cooper Ornithological Society (Studies in Avian Biology 13).

Morrison, M.L. 1984. Influences of sample size and sampling design on analysis of avian foraging behavior. *The Condor* 86: 146-150.

Navarro, J.; Votier, S.C.; Aguzzi, J.; Chiesa, J.J.; Forero, M.G. & Phillips, R.A. 2013. Ecological segregation in space, time and trophic niche of sympatric planktivorous petrels. *Plos One* 8(4):1-12.

Pettex, E.; Lorentsen, S.H.; Gremillet, D.; Gimenez, O.; Barret, R.T.; Pons, J.B.; Bohec, C.L. & Bonadonna, F. 2012. Multi-scale foraging variability in Northern gannet (*Morus bassanus*) fuels potential foraging plasticity. *Mar Biol.* 159: 2743-2756.

Pinheiro, J.C. & Bates, D.M. 2000. *Mixed-effects models in S and S-plus*. Springer, New York. 528p.

Porter, M.L.; Collopy, M.W.; Labisky, R.F. & Littell, R.C. 1985. Foraging behavior of red-cockaded Woodpeckers: a evaluation of research methodologies. *J. Wildl. Manage* 49:505-507.

Pyke, G.H.; Pulliam, H.R. & Charnov, E.L. 1977. Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology* 52(2): 137-154.

Ragusa-Neto, J. 1997. Seasonal variation in foraging behavior of *Cypsnagra Hirundinacea* in the campo-cerrado. *Ararajuba* 5(1): 72-75.

Raphael, M.G. 1990. Use of Markov chains in analyses of foraging behavior. p.288-294. *In*: Morrison, M.L.; Ralph, C.J.; Verner, J. & Jehl Jr, J.R. (eds.) Avian foraging: theory, methodology, and applications. Lawrence: Cooper Ornithological Society (Studies in Avian Biology 13).

Recher, H.F. 1990. Specialist or generalist: avian response to spatial and temporal changes in resources. p.333-336. *In*: Morrison, M.L.; Ralph, C.J.; Verner, J. & Jehl Jr, J.R. (eds.) Avian foraging: theory, methodology, and applications. Lawrence: Cooper Ornithological Society (Studies in Avian Biology 13).

Recher, H.F. & Gebski, V. 1990. Analysis of the foraging ecology of eucalypt forest birds: sequential versus single-point observations. p. 174-180. *In*: Morrison, M.L.; Ralph, C.J.; Verner, J. & Jehl Jr, J.R. (eds.) Avian foraging: theory, methodology, and applications. Lawrence: Cooper Ornithological Society (Studies in Avian Biology 13).

Riley, C.M. & Smith, K. G. 1992. Sexual dimorphism and foraging behavior of Emerald Toucanets *Aulacorhynchus prasinus* in Costa Rica. *Ornis Scandinavica*, 23: 459-466.

Sakai, H.F. & Noon, B.R. 1990. Variation in the foraging behaviors of two flycatchers: associations with stage of the breeding cycle. p.237-244. *In*: Morrison, M.L.; Ralph, C.J.; Verner, J. & Jehl Jr, J.R. (eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society (Studies in Avian Biology 13).

Sallie, J.H. & Verner, J. 1990. Within-season and yearly variations in avian foraging locations. p: 202-209. *In*: Morrison, M.L.; Ralph, C.J., Verner, J. & Jehl Jr., J.R. (eds.). *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society (Studies in Avian Biology 13).

Sallie, J.H., Verner, J. & Bell, G.W. 1990. Sequential versus initial observations in studies of avian foraging. *In*: Morrison, M.L.; Ralph, C.J.; Verner, J. & Jehl Jr, J.R. (eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society. p:166-173 (Studies in Avian Biology 13).

Setz, E.Z.F. & Hoyos, A. 1985. Partição do tempo: o problema da dependência entre observações comportamentais sucessivas. p. 191-201. *In*: *Primatologia no Brasil*. 2 Congresso Brasileiro de Primatologia. Campinas, SP. Brasil.

Screnci-Ribeiro, R. & Duca, C. 2010. Táticas de forrageamento de *Myiozetetes cayanensis* (Linnaeus, 1766) (Passeriformes: Tyrannidae). *Revista Brasileira de Ornitologia* 18 (2): 113-117.

Troy, J.R. & Baccus, J.T. 2009. Effects of weather and habitat on foraging behavior of non-breeding eastern phoebes. *The Wilson Journal of Ornithology* 121(1): 97-103.

Volpato, G.H. & Mendonça-Lima, A. 2002. Estratégias de forrageamento: proposta de termos para a língua Portuguesa. *Ararajuba* 10 (1): 101-105.

von Ende, C.N. 2009. Repeated- measures analysis: growth and other time-dependent measures. *In*: Scheiner, M.S., Gurevitch, J. (eds) *Design and analysis of ecological experiments*. Chapman & Hall. New York, NY.

Wagner, J.L. 1981. Visibility and bias in avian foraging data. *Condor* 83: 263-264.

Wright, J. & Radford, A.N. 2010. Variance-sensitive Green-Woodhoopoes: A new explanation for sex differences in foraging? *Ethology*, 116: 941-950.

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

Capítulo 3

Efeitos de fatores meteorológicos e do habitat no comportamento de forrageamento de tiranídeos (Aves, Tyrannidae) na Estação Ecológica de Itirapina.

RESUMO

Foram coletados dados sobre o comportamento de forrageamento de tiranídeos (Tyrannidae), durante as estações secas e chuvosas, na Estação Ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, para testar os efeitos da sazonalidade, de variações meteorológicas de curto-prazo e de características do habitat em alguns aspectos do forrageamento. Nossos resultados indicaram que as aves alteram seus padrões de comportamento entre as estações seca e chuvosa de modo a melhor aproveitar as especificidades de cada estação. Ataques aéreos foram predominantemente utilizados por *Alectrurus tricolor* e *Gubernates yetapa* ao longo das duas estações, mas apenas durante a estação chuvosa para *Xolmis velatus*. Ataques direcionados ao solo foram predominantes para *Xolmis cinereus* durante as duas estações e por *Xomis velatus* durante a estação seca. Ataques aéreos foram correlacionados principalmente com altas temperaturas, mas também com baixa cobertura de nuvens, tipo de habitat, fase do dia, ventos leves, maior umidade relativa do ar e presença de chuva, com variações de acordo com a espécie estudada. O tempo de procura por presas variou principalmente com a estrutura do habitat; os maiores valores foram encontrados quando as aves forrageavam em áreas abertas. Fatores que reduzem a disponibilidade de presas aéreas, como baixas temperaturas, baixa insolação e vento moderado, foram correlacionados com as maiores distâncias percorridos entre poleiros. Porém, quando consideramos uma maior escala temporal, encontramos maiores valores de distâncias percorridas durante a estação chuvosa para *Alectrurus tricolor* e *Xolmis velatus*, quando as condições ambientais são mais favoráveis, o que pode estar relacionado com os requerimentos da fase reprodutiva. Assim, podemos observar que a interação entre fatores climáticos e estrutura do habitat influenciam os padrões de comportamento destas aves.

Palavras chave: Tiranídeos, comportamento de forrageamento, tempo, Cerrado, Itirapina.

ABSTRACT

Effects of meteorological factors and habitat on foraging behavior by tyrant flycatchers (Aves, Tyrannidae) at Itirapina Ecological Station.

We collected data on foraging by tyrant flycatchers (Tyrannidae) during both the dry and wet seasons at Itirapina Ecological Station, in the state of São Paulo, to assess the effects of seasonality, short-term meteorological variations and habitat structure on some aspects of foraging behavior. Our results suggest that birds change their behavior between the dry and wet seasons in order to benefit from specific features of each season. Aerial hawking was predominantly used by *Alectrurus tricolor* and *Gubernates yetapa* during both seasons, but by *Xolmis velatus* only in the wet season. Perch-to-ground was the predominant hunting strategy for *Xolmis cinereus* during both seasons and for *Xolmis velatus* during the dry season. Aerial hawking was mainly correlated with highest temperatures, but also with lower cloud cover, habitat type, day time, low wind speed, higher relative humidity and rain, with variations according to the studied species. Search time varied mainly with habitat structure, and the highest values when the birds were foraging in open areas. Factors reducing the availability of aerial prey, such as low temperature, low insolation and moderate wind, were correlated with longer distances traveled between perches. However, when we consider a larger time scale, we found *Alectrurus tricolor* and *Xolmis velatus* covered greater distances the wet season (when environmental conditions are more favorable) what may be related to breeding requirements. Thus, the interaction between weather and habitat structure influences the behavioral patterns of those birds.

Key words: Tyrant flycatchers, foraging behavior, weather, Cerrado, Itirapina.

3.1. INTRODUÇÃO

A família Tyrannidae compreende um dos grupos mais diversificados de aves Passeriformes distribuídas nas Américas, com 365 espécies (Remsen *et al.*, 2015) é um dos grupos mais representativos nos Neotrópicos (Fitzpatrick, 2004). O grupo apresenta considerável diversidade ecológica e uma série de variações morfológicas associadas com displays sociais e com o comportamento de forrageamento. Diferenças no tamanho corporal, comprimento e largura do bico, comprimento e forma das asas, comprimento das rectrizes e do tarso estão relacionadas com adaptações comportamentais para forragear em grande diversidade de habitats (Fitzpatrick, 1985; Fitzpatrick, 2004; Botero-Delgadillo & Bayly, 2012). Os representantes da família ocupam locais ecologicamente distintos, desde turfeiras próximas ao Círculo Ártico até terrenos rochosos e sem árvores na Terra do Fogo (Sick, 1997; Fitzpatrick, 2004). Este sucesso de colonização foi possível em parte graças às variações no modo “procura e captura” de forragear, característico da espécie, que possibilita encontrar presas aéreas ou em substratos como folhas, troncos e solos (Fitzpatrick, 1980; Fitzpatrick, 2004). Desta forma, tiranídeos podem alimentar-se em habitats tão diversos quanto as florestas tropicais, florestas decíduas, regiões áridas, campos abertos, campos de altitude, entre outros, ocupando principalmente micro-habitats em que exista alta intensidade luminosa (Fitzpatrick, 2004).

São aves predominantemente insetívoras, incluindo outros artrópodes que não insetos, mas frutos também estão presentes na dieta de muitas espécies, além de pequenos vertebrados, como lagartos e cobras, capturados por tiranídeos de maior porte (Sherry, 1984, Fitzpatrick, 2004). Em um estudo realizado por Sherry (1984), na Costa Rica, com algumas espécies de tiranídeos, foi possível observar forte variação entre alguns parâmetros da dieta entre e dentro de gêneros, dentro de guildas e entre habitats. O estudo mostrou que espécies caçadoras de presas aéreas utilizam especialmente térmitas aladas, apídeos e odonatas em sua dieta, ao passo que as espécies que forrageiam na vegetação densa utilizam principalmente aracnídeos, larvas de lepidópteros, hemípteros, ortópteros e coleópteros. Características do habitat e aspectos relacionados com a disponibilidade de presas, como abundância,

distribuição, previsibilidade e comportamento de artrópodes, são fatores importantes para a compreensão da radiação evolutiva dos tiranídeos (Sherry, 1984).

As táticas utilizadas para captura de presas consistem em pequenas variações de um modo estereotipado de procura e captura em que a ave permanece estacionária no poleiro até realizar uma tentativa de ataque ou desistir e procurar outro poleiro (Fitzpatrick, 1980). As sutis diferenças observadas neste comportamento estão relacionadas com fatores morfológicos e ecológicos do grupo (Fitzpatrick, 1980, Botero-Delgadillo & Bayly, 2012). Assim, algumas espécies especializam-se em uma das variações deste modo, enquanto outras, mais generalistas, diversificam suas manobras de forrageio, alternando entre variações deste padrão de acordo com suas possibilidades morfológicas e flutuações ambientais na disponibilidade de presas.

Diversos fatores climáticos influenciam a disponibilidade de artrópodes (Taylor, 1963, Kingsolver, 1983, 1989), principal item da dieta dos tiranídeos, o que pode desencadear ajustes de respostas comportamentais correlacionados com mudanças no clima, de acordo com a plasticidade da espécie em questão. Temperatura ambiente, assim como a cobertura de nuvens, vento e regimes de chuvas (ver Introdução Geral) podem exercer forte influência na disponibilidade de presas e é importante correlacionar estes fatores em análises sobre o padrão de forrageamento das aves (Davies, 1977; Murphy, 1987; Teather, 1992; Troy & Baccus, 2009). Assim, nosso objetivo foi quantificar o padrão de forrageamento de quatro espécies pertencentes à família Tyrannidae, ao longo das estações seca e chuvosa, na Estação Ecológica de Itirapina, um remanescente de Cerrado no estado de São Paulo. Pretendemos estabelecer relações entre o comportamento de forrageamento e fatores climáticos, considerando os aspectos sazonais presentes no Cerrado. Desta forma poderemos contribuir com a compreensão acerca dos mecanismos adaptativos presentes nas espécies de aves estudadas que permitam às mesmas explorar diferentes nichos de alimentação em épocas com distintas disponibilidades de presas. Hipotetizamos que escassez de presas demande maior gasto energético no forrageamento e maior diversidade no uso de estratégias comportamentais. Buscamos responder as seguintes questões:

- Estas espécies alteram sazonalmente as proporções entre as manobras de forrageamento, o tempo de procura por presas e a distância entre um poleiro sem sucesso para um novo poleiro (esforço de forrageamento)?

Considerando que a disponibilidade de artrópodes pode variar consideravelmente em pequenas escalas temporais e espaciais, testamos se:

- Há correlações entre medidas diárias de fatores climáticos, como temperatura, insolação, pluviosidade, umidade relativa do ar e vento, e os comportamentos de forrageamento?
- Há correlações entre os diferentes tipos de habitat e os comportamentos de forrageamento?
- Para *Alectrurus tricolor* a idade e o sexo influenciam os comportamentos de forrageamento?

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Coleta de dados

O estudo foi realizado nos campos da Estação Ecológica de Itirapina (EEI), localizada nos municípios de Itirapina e Brotas do estado de São Paulo (ver Introdução Geral). *Alectrurus tricolor*, *Gubernetes yetapa*, *Xolmis cinereus* e *Xolmis velatus* foram observados principalmente em áreas abertas, como os campos limpos, campos sujos, campos úmidos e campos cerrados da área sul da EEI, embora existam também algumas poucas observações realizadas na área norte (ver mapa Figura 1 na Introdução Geral).

Tabela 1. Descrição das fitofisionomias utilizadas pelas aves no presente estudo. (Silva & Bates, 2002; Zanchetta *et al.* 2006).

Campo limpo	Predominância de vegetação herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores.
Campo sujo	Vegetação arbustivo-herbácea, com arbustos e subarbustos esparsos.
Campo úmido	Formação herbáceo-subarbustiva, presentes em terrenos periodicamente ou permanentemente alagados. Locais com lençol freático alto ou em depressões fechadas em meio às fisionomias de Cerrado que acumulam água (lagoas temporárias).
Campo cerrado	Vegetação um pouco mais densa que o campo sujo, com maior presença de arbustos e poucas árvores de pequeno porte.

As observações foram feitas de março de 2012 até março de 2014 e foram agrupadas em estações seca (abril a setembro) ou chuvosa (outubro a março). Os registros foram feitos a partir das 06h00-06h30 até às 17h30-18h30 de acordo com variações anuais do fotoperíodo. Consideramos os dados coletados entre 06h00 e 12h00 como pertencentes à manhã e entre 12h01 e 18h00 como tarde. Foram percorridas trilhas ao acaso ao longo dos campos da EEI (Figura 16), e cada vez que uma ave foi encontrada em atividade de forrageamento, iniciou-se uma sessão de registros que durava até o animal desaparecer de vista ou parar de forragear, assim, as sequências tiveram quantidades de eventos de forrageamento variadas. Quando todas as ocorrências dos comportamentos de interesse eram registradas em um período amostral, consideramos que havia um indivíduo focal para aquela amostra ou um sub-grupo focal, que pode variar de um indivíduo até o grupo completo (Altmann, 1974). Todos os registros foram feitos com um indivíduo focal, exceto para *Gubernetes yetapa*, que forrageia frequentemente em bandos, utilizamos sub-grupo focal para aproveitar melhor o tempo com estas aves. Após a finalização de uma sequência de forrageamento com uma ave, outras aves eram procuradas em outras áreas, mas como as aves não foram marcadas, é possível que o mesmo indivíduo tenha sido observado em um outro dia.

Os registros foram feitos com auxílio de binóculos *Vanguard* 10x50 e gravador digital Panasonic RR-US550 para registrar os comportamentos observados. Para cada sequência de forrageamento registramos sempre que possível o modo de forrageamento, o tipo de poleiro utilizado para procura de presas (lenhoso, herbáceo ou artificial), o tempo de procura em que a ave permanece em um poleiro antes de realizar um ataque ou trocar para um novo poleiro (*search time*), a distância estimada entre poleiro de origem e presa capturada (*sally distance*), distância entre local em que a presa foi atacada e o poleiro pós-ataque (*follow-up flight*) e distância entre poleiros após a ave desistir de um poleiro que não resultou em tentativa de ataque (*give-up flight*). As distâncias estimadas são uma medida para o esforço do forrageamento das aves. Contabilizamos também o percentual médio de retorno ao poleiro utilizado para ataque. Todas as manobras de ataque foram classificadas de acordo com as descrições elaboradas por Fitzpatrick (1980) (ver Capítulo 1).

Não foi possível distinguir entre ataques com ou sem sucesso, pois nem sempre a presa foi visível.

Os dados sobre fatores climáticos como temperatura do ar, velocidade do vento, chuva, radiação solar, insolação e umidade relativa foram cedidos pela Estação Meteorológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia (CRHEA/USP), localizada próximo à Represa do Lobo, a cerca de 6km da subárea de estudo. Esta distância não permite grandes variações climáticas entre as regiões, o que torna os dados fornecidos pelo CRHEA/USP adequados para nosso estudo (Pio, 2012). As informações sobre temperatura ambiente consistiam em medidas realizadas às 09h, 15h e 21h, além dos valores médios para cada dia. Utilizamos os valores medidos para o horário mais próximo de acordo com cada sequência comportamental. Com base nos valores obtidos em nossas amostras, consideramos para as análises, temperaturas até 20°C como baixas, entre 21°C e 25°C como moderadas e acima de 25°C como altas. Insolação representa a quantidade de tempo de exposição aos raios solares, ou seja, quanto maior a nebulosidade menor será a insolação. Utilizamos a quantidade de tempo de insolação observada para a hora em que foi registrada cada sequência de forrageamento, e consideramos os valores até 30 min como baixa insolação e acima de 30 min como alta insolação. Os maiores índices de radiação solar são encontrados durante a primavera e verão. Consideramos em nossas análises valores diários abaixo de 330 cal/cm²/dia como baixos e acima de 330 cal/cm²/dia como dias com alta radiação. Os dias com umidade relativa superior a 70% foram considerados dias com maior umidade ao passo que os dias em a umidade relativa foi menor que 70% foram considerados com menor umidade. Velocidade do vento entre 0-8 km/h foram considerados leves e acima de 09 km foram considerados moderados (Troy & Baccus, 2009). Os dados sobre precipitação foram utilizados como presença e ausência de chuva a cada dia.

3.2.2 Perfil climático da Estação Ecológica de Itirapina nos anos de 2012 e 2013.

Não houve divergência entre os valores médios de temperatura ambiente entre os anos de 2012 e 2013, e encontramos os menores valores

entre os meses de abril e setembro (estação seca), conforme o esperado (Figura 1).

Figura 1. Valores médios de temperatura ambiente para cada mês nos anos de 2012 e 2013. (Fonte: CRHEA/USP).

Figura 2. Valores médios de radiação solar para cada mês dos anos de 2012/ 2013. (Fonte: CRHEA/USP).

Os valores médios de radiação solar foram maiores entre novembro e março, quando os raios solares incidem mais diretamente sobre o hemisfério sul (Figura 2). Porém, a quantidade de tempo com insolação, dependente da quantidade de cobertura de nuvens, oscila mais ao longo do ano, atingindo os menores valores nos meses de junho, dezembro e janeiro nos anos de 2012 e 2013 e as maiores quantidades entre os meses de julho a outubro para ambos os anos, do final da estação seca para o início da chuvosa (Figura 3).

Figura 3. Valores médios da quantidade de tempo de insolação para cada mês nos anos de 2012 e 2013. (Fonte: CRHEA/USP).

Figura 4. Valores médios de chuva (mm) e umidade (%) dos anos de 2012 e 2013 para cada mês. (Fonte: CRHEA/USP).

Os menores valores médios de precipitação e umidade relativa do ar para os anos de 2012 e 2014 foram encontrados entre os meses de junho e setembro, conforme o esperado para regiões de Cerrado (Figura 4).

3.2.3. Análises Estatísticas

Foi utilizado o índice de Levins (1968) para avaliar a diversidade de técnicas exibidas pelas aves durante as estações seca e chuvosa. Como o número de modos de forrageamento é variável entre os indivíduos, utilizamos o

índice de Levins padronizado, que considera especialistas índices próximos de 0 e generalistas índices próximos de 1.

$B = 1/\sum p_j^2$, onde B= índice de largura de nicho de Levins

P_j = proporção da técnica de caça em relação ao total das técnicas usadas.

Índice padronizado de Levins:

$B_p = (B-1)/(n-1)$ onde: B= índice de Levins

n= número total de manobras comportamentais utilizadas.

Utilizamos os modelos lineares mistos generalizados (GLMM) (ver Capítulo 2) para testar os efeitos dos fatores climáticos, da estrutura do habitat, e para *Alectrurus tricolor* também os efeitos do sexo e da idade, sobre os comportamentos de forrageamento observados: manobras de ataque, tempo de procura por presas e distância estimada entre poleiros utilizados. O sujeito focal foi especificado como fator aleatório (ver Capítulo 2), a sequência de eventos foi especificada como fator intra-sujeito e os fatores climáticos, a fase do dia (manhã e tarde), as estações seca e chuvosa, os tipos de habitat e idade e sexo foram tratados como fatores fixos nas análises. Para manobras de forrageamento, agrupamos os comportamentos de ataque não aéreos como categoria única, que englobou substratos da vegetação e solo. Ataques aéreos foram codificados como “um” e ataques não aéreos foram codificados como “zero”, assim, amostras com os maiores valores médios possuem maior quantidade de ataques aéreos. Os modelos possuem critérios de informação baseados na verossimilhança de log-2 que são usados para comparação entre modelos. Os modelos com menores valores de critério de informação se enquadram melhor. Os cálculos foram feitos por meio do pacote estatístico IBM SPSS Advanced Statistics 22 (IBM Corp. Amork, Estados Unidos).

3.3. RESULTADOS

3.3.1 Descrição quantitativa das manobras de ataques observadas nas aves.

Foram obtidas 88 sequências comportamentais com 477 eventos de forrageamento para *Alectrurus tricolor*, 46 sequências comportamentais com 151 eventos de forrageamento para *Gubernetes yetapa*, 110 sequências comportamentais com 449 eventos de forrageamento para *Xolmis cinereus* e 65 sequências com 502 eventos de forrageamento para *Xolmis velatus*. *Alectrurus tricolor* utilizou a técnica *Aerial hawking* em 72% dos ataques realizados, e *Outward-striking* (sub-categoria de *Sally-gleaning*) foi a segunda categoria mais utilizada (19%) (ver descrições no Capítulo 2). *Aerial hawking* foi a categoria predominante tanto na estação seca quanto na estação chuvosa, porém houve um aumento de OS na estação seca (Tabela 2). De acordo com o índice de Levins, *A. tricolor* tornou-se mais especialista durante a estação chuvosa e diversificou mais seus comportamentos durante a estação seca (Tabela 3).

Gubernetes yetapa também utilizou *Aerial hawking* na maior parte do tempo (60%), sem nenhuma alteração neste percentual entre as duas estações. O segundo modo mais utilizado nas estações seca e chuvosa foi o *Perch-to-ground*. Entre as aves aqui estudadas, *G. yetapa* apresentou maior diversidade entre os comportamentos (Tabela 3) e tornou-se mais generalista durante a estação chuvosa. *Xomis cinereus* e *Xomis velatus* utilizam com maior frequência o modo *Perch-to-ground* durante a estação seca (67,74% e 48%, respectivamente), porém na estação chuvosa há um aumento no percentual de uso de *Aerial hawking* para ambas as espécies, sendo que para *X. velatus* esta passa a ser a técnica mais utilizada (50,22%). De acordo com o índice de Levins padronizado para diversidade de modos de ataque, *X. velatus* tende a diversificar mais seus comportamentos durante a estação seca, ao passo que *X. cinereus* diversifica mais na estação chuvosa (Tabela 3).

Tabela 2. Frequência (%) de táticas de ataque utilizadas por tiranídeos durante as estações seca e chuvosa. Em destaque os comportamentos mais utilizados em cada estação.

Modo	<i>Alectrurus</i>	<i>tricolor</i>	<i>Gubernetes</i>	<i>yetapa</i>	<i>Xolmis</i>	<i>cinereus</i>	<i>Xolmis</i>	<i>velatus</i>
de Forrageamento (%)	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
<i>Aerial Hawking</i>	66,60	75,86	60	60	23,11	31,93	29	50,22
<i>Perch-to-ground</i>	8,33	8,42	28	29	67,74	59,69	48	48,40
<i>Sally-gleaning/ Outward-striking</i>	24,53	14,55	1,33	5,26	1,61	2,28	0,70	0
<i>Perch-gleaning</i>	0,46	0,77	10,66	5,26	0	1,90	6,36	0
<i>Ground</i>	0	0,38	0	0	7,52	4,18	0,70	0,91
<i>Hover-ground</i>	0	0	0	0	0	0	15	0,45
N	216	261	75	76	186	263	283	219

Tabela 3. Índice de Levins padronizado para diversidade de modos de ataque.

	Índice de Levins	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
<i>Alectrurus tricolor</i>	0,239	0,164
<i>Gubernetes yetapa</i>	0,407	0,398
<i>Xolmis cinereus</i>	0,232	0,292
<i>Xolmis velatus</i>	0,382	0,210

3.3.3 Tempo de procura (Search Time)

As distribuições para cada intervalo de tempo para cada espécie podem ser observadas nas Figuras 5,6,7 e 8.

Figura 5. Distribuição das frequências de tempo de procura para *Alectrurus tricolor*. N=202.

Figura 6. Distribuição das frequências de tempo de procura para *Gubernetes yetapa*. N=58.

Figura 7. Distribuição das frequências de tempo de procura para *Xolmis cinereus*. N=203.

Figura 8. Distribuição das frequências de tempo de procura para *Xolmis velatus*. N=210.

3.3.4. Distâncias percorridas e poleiros utilizados.

Nem sempre foi possível estimar as distâncias entre poleiro e o local em que a presa foi atacada (*sally distance*), distância entre o local de ataque e o próximo poleiro (*follow-up flight*) e a distância entre um poleiro sem sucesso e o próximo poleiro utilizado (*give-up flight*). Utilizamos nas análises seguintes apenas os valores obtidos para *give-up flight*, pois foi a única categoria em que tivemos N apropriado para testes estatísticos, N= 201 para *Alectrus tricolor*, N= 48 para *Gubernetes yetapa*, N=92 para *Xolmis velatus* e N=136 para *Xolmis cinereus*.

Classificamos os poleiros utilizados pelas aves como herbáceos, lenhosos ou artificiais (fio rede elétrica, cercas ou outros objetos de madeira, etc). *Xolmis velatus* e *Xolmis cinereus* foram as aves que utilizaram poleiros artificiais com maior frequência (Tabela 4), especialmente o fio da rede elétrica, que permitia um amplo campo visual nos campos limpos adjacentes.

Tabela 4. Frequência (%) de poleiros utilizados pelas aves para procura por presas.

	Tipos de poleiros		
	Herbáceo	Lenhoso	Artificial
<i>Alectrurus tricolor</i>	77	22	0,50
<i>Gubernetes yetapa</i>	16	77	6
<i>Xolmis cinereus</i>	12	68	18
<i>Xolmis velatus</i>	2	55	43

O percentual médio de retorno ao poleiro utilizado para execução de ataques foi de 43% (n=88) para *Alectrurus tricolor*, 19% (n=46) para *Gubernetes yetapa*, 19% (n=110) para *Xolmis cinereus* e 33% (n= 65) para *Xolmis velatus*.

Figura 9. Fêmea de *Alectrurus tricolor* com Odonata capturado na Estação Ecológica de Itirapina. (Foto: José Carlos Motta-Junior).

Figura 10. *Xomis cinereus* com *Parahormetica* sp (Blattodea – Blaberidae) capturada na Estação Ecológica de Itirapina. O animal foi visto diversas vezes capturando esta presa no solo. Foto: José Carlos Motta-Junior.

Figura 11. *Xolmis velatus* peneirando antes de investir em ataque ao solo (*Hover-ground*). Estava em uma área aberta, que costuma formar lagoa temporária durante a estação chuvosa na Estação Ecológica de Itirapina. Da esquerda para a direita em sequência cronológica de 1s. Foto: Foto: José Carlos Motta-Junior.

Figura 12. Fêmea de *Alecrurus tricolor* com Orthoptera capturado para o filhote no ninho. Estação Ecológica de Itirapina. Foto: José Carlos Motta-Junior.

Figura 13. *Xomis cinereus* utilizando o modo *Perch-gleaning* para capturar frutos de *Miconia albicans* (Melastomataceae) na Estação Ecológica de Itirapina. Foto: José Carlos Motta-Junior.

Figura 14. *Gubernates yetapa* empoleirados com um grupo de *Pseudoleistes guirahuro*. As duas espécies foram vistas forrageando juntas em vários momentos. Foto: Andrea Ferrari.

Figura 15. Grupo familiar de *Gubernates yetapa* vocalizando. As aves forrageiam em grupo na maioria das vezes. Foto: José Carlos Motta-Junior.

Figura 16. Coleta de dados na Estação Ecológica de Itirapina. Foto: José Carlos Motta-Junior.

3.3.5. Influência de fatores meteorológicos nos comportamentos de forrageamento observados.

Alectrurus tricolor

Com os modelos lineares mistos generalizados, encontramos influência significativa da temperatura ambiente e da insolação sobre as manobras de forrageamento aéreo (Figura 17). Há maior incidência de ataques aéreos em dias com altas temperaturas e com maior insolação. As características do habitat em que a ave forrageia exerceram influência significativa no tempo de procura por presas, pois maiores tempos de procura foram observados quando as aves forrageavam em campos úmidos (Figura 18). Alguns fatores foram significativos para a distância percorrida entre um poleiro sem sucesso e um novo poleiro (*give-up flight*). *Alectrurus tricolor* machos percorrem maiores distâncias e aves adultas também tiveram médias mais elevadas que aves jovens (Figura 21). Também encontramos diferença de acordo com o habitat (Figura 22) e entre as estações seca e chuvosa (Figura 19). Fatores climáticos como temperatura, chuva e insolação (Figuras 20 e 22) também exerceram influências significativas.

Gubernetes yetapa

Encontramos influência da temperatura ambiente na quantidade de ataques aéreos exibidos por *Gubernetes yetapa*. As aves exibiram maior quantidade de ataques aéreos em temperaturas altas e moderadas (Figura 23). Não encontramos relações significativas entre as variáveis climáticas ou de habitat e os tempos de procura no poleiro observados em *G. yetapa*. Por outro lado, fatores climáticos como chuva, temperatura ambiente e vento exerceram influência significativa nas distâncias percorridas entre poleiros utilizados pela ave (Figura 24). Os indivíduos de *Gubernetes yetapa* percorreram maiores distâncias em dias com presença de chuva, altas temperaturas e vento moderado.

Xolmis cinereus

Os modos de ataque de *Xolmis cinereus* foram influenciados pelo período do dia, características do habitat, condições de vento e também pela radiação solar. Encontramos maiores incidências de ataques aéreos quando a ave estava forrageando em campos cerrados (Figura 25). Também houve maior quantidade de ataques aéreos nos forrageamentos realizados na parte da tarde (Figura 25), em condições de vento leve (Figura 26) e durante dias com maior radiação solar (Figura 26). Houve influência do habitat em que a ave forrageou e da estação no tempo de procura antes de realizar um ataque ou trocar de poleiro. As aves tiveram maiores tempos de procura quando usaram os campos limpos e sujos, e durante a estação chuvosa (Figura 27). Houve influência significativa da presença de chuva na distância percorrida entre poleiros (*give-up flight*). As maiores distâncias percorridas ocorreram nos dias com ausência de chuva (Figura 28).

Xolmis velatus

Diversos fatores exerceram influência nos modos de ataque utilizados por *Xolmis velatus*. As aves tiveram menores quantidades de ataques aéreos quando forragearam em campos úmidos (Figura 29). Como foi observado em *Xolmis cinereus*, *Xolmis velatus* também exibiu maiores intensidades de forrageamento aéreos à tarde (Figura 29). Forrageamento aéreo também foi maior em dias com maiores temperaturas (Figura 31), presença de chuva (Figura 32) e maiores índices de umidade relativa (Figura 30) e radiação solar (Figura 30) e menor quantidade de insolação (Figura 31). O tempo de procura de *Xolmis velatus* foi maior nos campos limpos quando comparado com os campos sujos e nos dias com ventos leves (Figura 33). As distâncias médias percorridas entre poleiros foram maiores quando as aves forragearam à tarde (Figura 34). Também houve maiores distâncias associadas com a estação chuvosa (Figura 34) e com temperaturas baixas e moderadas (Figura 35).

Figura 17. Médias estimadas ($p < 0,05$) para manobras de ataque de *Alectrurus tricolor*, que foram categorizadas como 0 para ataques não aéreos e 1 para ataques aéreos. A: maior quantidade ataques aéreos em altas temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) ($F_{2,481}=5,044$, $p=0,007$). B: quantidade ligeiramente superior de ataques aéreos em alta insolação ($F_{1,481}=3,889$, $p=0,049$).

Figura 18. Médias estimadas ($p < 0,05$) para o tempo de procura (s) por *Alectrurus tricolor*. Maiores tempos de procura quando a ave forrageia em campo úmido ($F_{2,247}=7,175$, $p=0,001$).

Figura 19. Média estimada ($p < 0,05$) para a distância percorrida entre poleiros (m) por *Alectrurus tricolor*. Maiores distâncias foram percorridas durante a estação chuvosa ($F_{1,192}=51,176$, $p=0,000$).

Figura 20. Médias estimadas ($p < 0,05$) para distâncias percorridas entre os poleiros (m) por *Alectrurus tricolor*. A: Maiores distâncias em temperaturas baixas ($F_{2,192}=5,370$, $p=0,005$). B: Maiores distâncias em baixa insolação ($F_{1,192}=16,864$, $p=0,000$).

Figura 21. Médias estimadas ($p < 0,05$) para distâncias percorridas entre poleiros (m) para *Alectrurus tricolor*. A: Adultos percorrem maiores distâncias quando comparados com jovens ($F_{1,192}=14,469$, $p=0,000$). B: Machos percorrem maiores distâncias ($F_{1,192}=8,083$, $p=0,005$).

Figura 22. Médias estimadas ($p < 0,05$) para distâncias percorridas entre poleiros (m) por *Alectrurus tricolor*. A: Maiores distâncias percorridas quando a ave esteve em campo sujo ($F_{2,192}=4,758$, $p=0,010$). B: Maiores distâncias percorridas nos dias com ausência de chuva ($F_{1,192}=7,893$, $p=0,005$).

Figura 23. Médias estimadas ($p < 0,05$) para manobras de ataque de *Gubernetes yetapa*, que foram categorizadas como 0 para ataques não aéreos e 1 para ataques aéreos. Maiores quantidades de ataques aéreos em temperaturas altas e moderadas ($F_{2,144}=6,021$, $p=0,003$).

Figura 24. Médias estimadas ($p < 0,05$) para distâncias percorridas entre poleiros (m) para *Gubernates yetapa*. A: Maiores distâncias percorridas nos dias com chuva ($F_{1,41}=7,222$, $p=0,010$). B: Maiores distâncias percorridas nos dias com temperaturas altas ($F_{2,41}=3,360$, $p=0,045$). C: Maiores distâncias percorridas nos dias com ventos moderados ($F_{1,41}=4,109$, $p=0,049$).

Figura 25. Médias estimadas ($p < 0,05$) para manobras de ataque de *Xolmis cinereus*, que foram categorizadas como 0 para ataques não aéreos e 1 para ataques aéreos. A: Maior quantidade de ataques aéreos quando a ave esteve em campo cerrado ($F_{3,439}=14,708$, $p=0,000$). B: Maior quantidade de ataques aéreos na parte da tarde ($F_{1,439}=26,276$, $p=0,000$).

Figura 26. Médias estimadas ($p < 0,05$) para manobras de ataque de *Xolmis cinereus*, que foram categorizadas como 0 para ataques não aéreos e 1 para ataques aéreos. A: Maiores quantidades de ataques aéreos em dias com ventos leves ($F_{1,439}=15,759$, $p=0,000$). B: Maiores quantidades de ataques aéreos em dias com maior radiação ($F_{1,439}=4,137$, $p=0,043$).

Figura 27. Médias estimadas ($p < 0,05$) para o tempo de procura (s) por *Xolmis cinereus*. A: Maior tempo de procura durante a estação chuvosa ($F_{1,196}=6,496$, $p=0,012$). B: Maiores tempos de procura em áreas de campo limpo e campo sujo ($F_{2,196}=3,523$, $p=0,031$).

Figura 28. Médias estimadas ($p < 0,05$) para distâncias percorridas entre poleiros (m) por *Xolmis cinereus*. Maiores distâncias percorridas em dias com ausência de chuva ($F_{1,129}=6,723$, $p=0,011$).

Figura 29. Médias estimadas ($p < 0,05$) para manobras de ataque de *Xolmis velatus* que foram categorizadas como 0 para ataques não aéreos e 1 para ataques aéreos. A: Maiores quantidades de ataques no período da tarde ($F_{1,491}=79,699$, $p=0,000$). B: Menores quantidades de ataques aéreos quando forrageou nos campos úmidos ($F_{3,491}=17,972$, $p=0,000$).

Figura 30. Médias estimadas ($p < 0,05$) para manobras de ataque de *Xolmis velatus* que foram categorizadas como 0 para ataques não aéreos e 1 para ataques aéreos. A: Maiores quantidades de ataques aéreos em dias com maior umidade relativa ($F_{1,491}=38,798$, $p=0,000$). B: Maiores quantidades de ataques aéreos em dias com maior radiação ($F_{1,491}=26,632$, $p=0,000$).

Figura 31. Médias estimadas ($p < 0,05$) para manobras de ataque de *Xolmis velatus* que foram categorizadas como 0 para ataques não aéreos e 1 para ataques aéreos. A: Maiores quantidades de ataques aéreos em altas temperaturas ($F_{2,491}=6,821$, $p=0,001$). B: Maiores quantidades de ataques aéreos em dias com baixa insolação ($F_{1,491}=7,701$, $p=0,006$).

Figura 32. Médias estimadas ($p < 0,05$) para manobras de ataque de *Xolmis velatus* que foram categorizadas como 0 para ataques não aéreos e 1 para ataques aéreos. Maior quantidade de ataques aéreos em dias chuvosos ($F_{1,491}=6,961$, $p=0,009$).

Figura 33. Médias estimadas ($p < 0,05$) para o tempo de procura (s) no poleiro por *Xolmis velatus*. A: Maior tempo de procura quando a ave forrageou no campo limpo ($F_{3,201}=5,656$, $p=0,001$). B: Maior tempo de procura em dias de vento leve ($F_{1,201}=8,639$, $p=0,004$).

Figura 34. Médias estimadas ($p < 0,05$) para distâncias percorridas entre poleiros (m) por *Xolmis velatus*. A: Maiores distâncias percorridas no período da tarde ($F_{1,76}=7,246$, $p=0,009$). B: Maiores distâncias percorridas durante a estação chuvosa ($F_{1,76}=4,474$, $p=0,038$).

Figura 35. Médias estimadas pelo GLMM ($p < 0,05$) para distâncias percorridas entre poleiros (m) por *Xolmis velatus*. Maiores distâncias percorridas em temperaturas moderadas e baixas ($F_{2,76}=3,280$, $p=0,043$).

3.4. Discussão

3.4.1 Padrão de forrageamento

Fatores climáticos influenciam a disponibilidade e abundância de artrópodes (Taylor, 1963, Kingsolver, 1983, 1989), item mais significativo na dieta de tiranídeos (Sherry, 1984). Aqui tentamos avaliar a influência destes fatores em diferentes escalas temporais, com considerações sobre a sazonalidade do Cerrado, a maior escala (Conner, 1981; Hutto, 1981; Ford *et al.*, 1990; Manhães, 2003, Golabek *et al.*, 2012) e variações climáticas presentes no dia a dia, a menor escala (Murphy, 1987; Troy & Baccus, 2009; Wiete & Gow, 2013).

Indivíduos de *Alectrurus tricolor* foram encontrados nos campos limpos, campos sujos e campos úmidos da Estação Ecológica de Itirapina, como o esperado, pois a ave demonstra ser fortemente dependente de áreas campestres sem alterações antrópicas (Tubelis & Cavalcanti, 2001; Braz, 2008; Freitas, 2014). Observamos em nosso estudo que 70% dos poleiros utilizados por *A. tricolor* são de plantas herbáceas, o que reforça a forte especialização da ave com campos naturais. Há relatos de que *A. tricolor* apresenta comportamento migratório em regiões como o sudeste do Brasil (Silveira, 1998; Willis & Oniki, 2003; Hass, 2008), porém, encontramos indivíduos da espécie ao longo de todo o ano de 2012 e também de 2013 nos campos da EEI, o que está de acordo com os resultados de modelagem de Marini *et al.* (2012), os quais sugerem que a espécie é essencialmente residente, com algum componente parcial migratório.

Durante a fase reprodutiva estas aves são encontradas forrageando próximo ao território de reprodução, porém, parecem forragear em área mais ampla ao longo da fase não reprodutiva, o que talvez dificulte sua detecção neste período do ciclo de vida. Observamos machos e fêmeas forrageando com certa proximidade durante todo o ano, muitas vezes em casais ou com mais de uma fêmea ou macho em certas ocasiões. Interações agonísticas foram observadas entre machos adultos e jovens, resultando em expulsão dos juvenis pelos machos adultos. Também houve interação agonística entre machos adultos e também interações agonísticas interespecíficas.

Em nosso estudo observamos que *Alectrurus tricolor* utilizou especialmente o modo *Aerial hawking* em ambas as estações. De acordo com as observações de Fitzpatrick (1980), realizadas durante a estação seca nos campos do Brasil, *A. tricolor* também utilizou *Aerial hawking* com maior frequência, porém de forma quase equitativa com *Outward-striking*. Observamos que apesar da prevalência de *Aerial hawking*, *Outward-striking* foi a segunda manobra mais utilizada pela ave, com um notável aumento deste comportamento durante a estação seca, embora tenha sido menos frequente do que nos estudos de Fitzpatrick (1980). Durante a estação seca, a ave apresentou maior diversidade nas técnicas de ataque, o que pode estar relacionado com as condições menos apropriadas para ataques aéreos devido a menor movimentação de presas (em menores temperaturas). Também há menor abundância de insetos no Cerrado relacionada com a diminuição dos regimes de chuva durante a estação seca (Silva *et al.*, 2011), pois a quantidade de água promove o crescimento de espécies de plantas que podem ser aproveitadas para a alimentação de insetos herbívoros. Dietas tendem a ficar mais especializadas quando as presas são abundantes (Emlen, 1968; Pyke *et al.*, 1977). Murphy (1987) em seu estudo com *Tyrannus tyrannus*, tiranídeo que como *A. tricolor* utiliza *Aerial hawking* com maior frequência e *Outward-striking* como segundo modo de forrageamento, também observou que a ave torna-se mais generalista em condições desfavoráveis de clima e volta a usar *Aerial hawking* com maior frequência em fases com melhores condições ambientais para o voo de insetos. Murphy (1987) lembra que espécies *flycatchers* geralmente alimentam filhotes com presas inteiras e que o uso de *Aerial hawking* durante o cuidado parental pode ser adaptativo, pois com esta manobra é possível capturar presas maiores em único voo; os ataques à vegetação como o *Outward-striking* rendem poucos itens de presas maiores e há maior gasto energético durante este tipo de forrageio.

Gubernetes yetapa foi observado entre os campos úmidos, campos limpos, campos sujos e campos cerrados, muitas vezes nas bordas de áreas úmidas. Os indivíduos geralmente forrageavam em grupos familiares (Figura 15) e realizavam grandes deslocamentos após os momentos de forrageio. Em diversos momentos encontramos *G. yetapa* forrageando em companhia de *Pseudoleistes guirahuro* (chopim-do-brejo, Icteridae) (Figura 14). Nestas

ocasiões foi possível observar alguns indivíduos de *G. yetapa* vocalizando em um poleiro mais alto e logo em seguida os *P. guirahuro* chegavam e empoleiravam nestes mesmos poleiros. Geralmente um dos indivíduos de *G. yetapa* atuava como sentinela durante o forrageamento (Belmonte-Lopes, 2008), comportamento que pode ser também benéfico para os indivíduos de *P. guirahuro* que forrageiam junto com o bando (Thiollay, 1999, Ragusa-Neto, 2001, 2002). As duas espécies foram vistas forrageando juntas em todas as fases do estudo, o que sugere que elas podem formar bandos mistos durante todo o ano na Estação Ecológica de Itirapina. De acordo com Fieker (2012), as duas espécies apresentaram padrão de distribuição e abundância similares na EEI, o que foi atribuído ao fato de utilizarem o mesmo tipo de habitat. Fieker (2012) observou bandos mistos entre as duas espécies, com a participação de *Mimus saturninus* também. Bandos mistos podem aumentar a eficiência de forrageamento por meio do compartilhamento de informações sobre fonte segura de local de alimentação e contribuir com a proteção contra predadores (Powell, 1985; Ragusa-Netto, 1997; Develey, 2001; Alcock, 2005; Giraldeau, 2008). Talvez a associação entre as duas espécies tenha começado em fase de maior escassez de recursos, mas o benefício obtido com tal comportamento tenha sido o suficiente para que a formação de bandos mistos seja vantajosa durante todo o ano.

Gubernetes yetapa utilizaram com maior frequência o modo *Aerial hawking*, sem nenhuma alteração no percentual entre as duas estações. *Perch-to-ground* foi a segunda manobra mais utilizada também durante as duas estações, o que está de acordo com as observações feitas por Fitzpatrick (1980) e de Gabriel & Pizo (2005). Entre as aves aqui estudadas, *Gubernetes yetapa* foi a que apresentou maiores índices de Levins entre as duas estações, o que indica que foram as aves que mais diversificaram as manobras de ataque. As aves utilizavam poleiros lenhosos na maior parte do tempo (77%), muitas vezes localizados em bordas de áreas úmidas. A partir destes poleiros realizavam manobras de ataques aéreos, geralmente quando utilizava poleiros mais altos. Poleiros lenhosos e também herbáceos, este com menor frequência (16%), foram também utilizados antes da ave investir em capturas de insetos no solo.

Gubernetes yetapa, assim como *Alectrurus tricolor*, demonstram ter predileção pela captura de presas aéreas. Fitzpatrick (1985) chama de especialistas em *Aerial hawking* espécies que utilizam esta técnica por mais de 80% dos ataques realizados, o que não é o caso para ambas as espécies citadas aqui, que fazem uso facultativo deste comportamento. *Gubernetes yetapa* utiliza captura de presas do solo de forma muito mais significativa que *A. tricolor*. De acordo com Fitzpatrick (1985), espécies que utilizam *Perch-to-ground* costumam ser maiores e ter maior comprimento do tarso, ao contrário das especialistas em ataques aéreos, cujos tarsos são menores. Nos casos em que dois modos são utilizados de forma combinada, como em *G.yetapa*, geralmente os comprimentos de tarso são intermediários. Não fizemos nenhuma medida com espécimes de museus, mas *Alectrurus tricolor* é um pássaro visivelmente menor que *Gubernetes yetapa*, com tarsos menores, fato que certamente está relacionado com a menor frequência do uso do modo *Perch-to-ground*.

Alectrurus tricolor utiliza *Aerial hawking* com maior frequência que *Gubernetes yetapa* em ambas as estações, e demonstra ser mais especialista neste comportamento durante a estação chuvosa, momento em que recursos alimentares aéreos podem ser melhores explorados devido ao aumento da temperatura ambiente. A predileção de *Alectrurus tricolor* por este modo de forrageio talvez esteja relacionada com adaptações morfológicas presentes nesta espécie que a capacite a ser bem sucedida em ataques aéreos. Entre as adaptações observadas em especialistas em *Aerial hawking* podemos destacar a presença de menores tarsos, o que favorece o balanço e estabilidade durante os longos períodos empoleirados antes de um ataque, entre outros fatores, como asas maiores em relação ao seu tamanho corporal (Fitzpatrick, 1985). A cauda bem desenvolvida em algumas espécies de tiranídeos possui função aerodinâmica, como podemos observar em *Gubernetes yetapa*, e em casos como no gênero *Alectrurus*, tal adaptação evoluiu para característica sexual secundária (Fitzpatrick, 1985; Botero-Delgadillo & Bayly, 2012). Há fortes especializações em espécies que utilizam predominantemente *Aerial Hawking*, como longas asas, pequeno tarso e bicos largos e triangulares, entretanto, muitas destas espécies, como *Gubernetes yetapa*, podem alternar o comportamento e fazer uso facultativo de captura de presas no solo quando em

áreas abertas, especialmente se possuírem tarsos suficientemente longo para ter melhor visão em posição elevada e forte suporte físico para aterrissagem (Fitzpatrick, 1985). *Alectrurus tricolor* é especialista em áreas campestres com gramíneas, que podem ser altas em determinadas áreas, o que facilita o uso de seu segundo modo de ataque mais utilizado, o *Outward-striking* (Pinkowski, 1977; Fitzpatrick, 1980).

Xomis cinereus e *Xolmis velatus* foram vistos forrageando com certa proximidade em diversas ocasiões do estudo na EEI, o que já havia sido relatado por Fitzpatrick (1980). As espécies foram encontradas em campos sujos, campos limpos, campos cerrados e campos úmidos, utilizando predominantemente poleiros lenhosos, porém *X. velatus* utilizou poleiros artificiais (especialmente fios de eletricidade) com maior frequência. Utilizaram poleiros altos que oferecem um campo de visão longínquo e raramente utilizaram poleiros herbáceos. *Xolmis cinereus* utilizou *Perch-to-ground* como o principal modo de ataque durante as duas estações (Figura 10). O gênero *Xolmis*, muito presente em áreas abertas, costuma ser primariamente especialista em *Perch-to-ground* (Smith & Vuilleumier, 1971), porém Fitzpatrick (1980) encontrou maior frequência de *Aerial hawking* para *X. cinereus* durante suas observações. Em nosso estudo, *X. velatus* foi quem fez o maior uso de *Aerial hawking* entre as duas cogenéricas, mas apenas durante a estação chuvosa, pois durante a estação seca esta espécie também utilizou *Perch-to-ground* na maior parte do tempo. Muitas aves especialistas em *Perch-to-ground* capturam facultativamente presas aéreas, hábito que pode variar de acordo com as condições locais, assim como espécies que utilizam *Aerial hawking* na maior parte do tempo, como *Gubernetes yetapa*, podem também fazer uso facultativo de *Perch-to-ground* em locais em que há abundância de presas no solo, como pastos queimados, várzeas úmidas, etc. (Fitzpatrick, 1980). Assim, é provável que as condições locais de habitat, do clima e alguma variabilidade individual exerçam influência na alternância entre as manobras utilizadas dentro das possibilidades morfológicas das espécies.

Xolmis cinereus torna-se ligeiramente mais generalista durante a estação chuvosa (Tabela 3), fase em que utiliza um pouco mais o modo *Aerial Hawking* e também quando foi visto utilizando o *Gleanning* (Figura 13). *Xomis velatus*, apesar de também aumentar o uso de manobras aéreas durante a

estação chuvosa, neste caso até o ponto de ultrapassar ligeiramente o modo de captura de presas no solo, fazendo uso praticamente equitativo das duas manobras, diversifica mais seus comportamentos de ataque durante a estação seca, quando utiliza categorias comportamentais menos comuns. Podemos destacar entre estes comportamentos o peneirar no ar antes de capturar uma presa no solo (Figura 11), manobra que chamamos aqui de *Hover-ground*. Sick (1997) relata que o hábito de peneirar é comum no gênero *Xolmis*, especialmente em *X. irupero*, mas foi observado em nosso estudo apenas em *X. velatus*, especialmente quando forrageou em áreas abertas, quando pairava no ar por um tempo considerável, olhando para baixo, e em seguida descia ao solo, onde acontecia a tentativa de captura, e então voltava para um poleiro arbóreo na borda da região aberta em que procurava presas. Passava bastante tempo empoleirado, provavelmente devido ao alto gasto energético deste tipo de procura (Bryant, 1997).

O fato de *Xolmis cinereus* diversificar ligeiramente seus modos de ataque durante a estação chuvosa e *Xolmis velatus* diversificar mais durante a estação seca, talvez seja reflexo de algumas particularidades destas espécies que podem facilitar a coexistência de ambas na mesma área de alimentação. De acordo com Botero-Delgadillo (2011), tiranídeos com estreitas relações de parentesco apresentam maior similaridade ecológica, o que pode ser atribuído ao conservadorismo de nicho, e a coexistência entre tais espécies é possível quando há pequenas variações em aspectos relacionados com microhabitat e estratégias de captura de presas distintas. *Xolmis cinereus* aparentemente aproveita a maior disponibilidade de presas aéreas durante a favorável estação chuvosa (maiores temperaturas), reduzindo um pouco a quantidade de captura de presas no solo, sem alterar muito a quantidade de manobras utilizadas com maior raridade entre as duas estações. Contudo, *X. cinereus* demonstrou ter preferência pelo modo *Perch-to-ground* em nosso estudo, diferente dos relatos feitos por Fitzpatrick (1980), o que pode ser resultado de diferenças entre populações, ambientes ou reflexo de nosso maior tempo de coleta de dados.

Para *Xolmis velatus*, *Perch-to-ground* também foi bastante importante, pois este comportamento foi utilizado com frequência similar entre as duas estações, porém o modo de captura no ar exerce maior importância durante a época mais favorável em termos de disponibilidade de presas, a estação

chuvosa, momento em que há um aumento na frequência de *Aerial hawking*, que ultrapassa a frequência de *Perch-to-ground*. Quando comparamos as frequências de comportamentos das duas espécies durante a estação seca, observamos que *Xolmis velatus* utilizou um pouco mais de *Aerial hawking* que *Xolmis cinereus*. *Xolmis velatus* utilizou as manobras de forrageamento mais raras especialmente durante a estação seca, quando aumentou a frequência do *Hover-gleaning*, uma diversificação do modo de captura no solo. Aparentemente as duas espécies diferem na possibilidade de alternar comportamentos com o modo *Perch-to-ground* durante a estação seca, fase menos favorável, pois *Xolmis velatus* demonstra maior plasticidade no uso de comportamentos de ataque neste período (Tabela 3). *Perch-to-ground* acontece com maior frequência para *Xolmis cinereus*, durante as duas estações, quando comparamos com sua congênica (Tabela 2). *Xolmis velatus* utiliza dois modos de captura diferentes com proporções igualitárias durante a época chuvosa mais favorável, enquanto diversifica mais as proporções de comportamentos durante a estação seca, explorando novos nichos alimentares nesta fase com maior restrição na disponibilidade de presas. É possível que existam divergências na capacidade de detecção de presas entre *Xolmis velatus* e *Xolmis cinereus* (Fernández-Juricic & Beauchamp, 2008; Fernández-Juricic *et al.*, 2008), mas maiores investigações morfológicas, eco - comportamentais podem contribuir com melhores esclarecimentos. A maior flexibilidade observada nos comportamentos de *Xolmis velatus* pode ser um indício de que estas espécies divergem na seleção de presas e isso talvez possibilite a coexistências das duas nas mesmas áreas de forrageamento. Contudo, o estudo sobre possibilidades de coexistência entre espécies não pode ser desvinculado do contexto de uma ampla rede de interações na qual estão inseridas (Giacomini, 2007); futuros estudos detalhados sobre a dieta destas duas espécies podem contribuir com informações relevantes.

3.4.2. Fatores climáticos e suas relações com o comportamento de ataque.

A disponibilidade de artrópodes é variável em diferentes escalas temporais, pois recebe influência de fatores climáticos que resultam em

alterações tanto no nível populacional quanto no nível de atividade dos insetos, fator importante para que aves insetívoras possam detectar suas presas. Em um estudo sobre variação sazonal de artrópodes no Cerrado, Silva *et al.*, (2011) observaram um padrão sazonal na abundância de insetos em regiões de Cerrado, exceto para Diptera, com maior abundância no final da estação seca e início da estação chuvosa, devido a uma combinação de maior precipitação e temperaturas mais elevadas. Nesta fase há um pico de produção de folhas e flores no Cerrado e esta alta na disponibilidade de alimentos pode exercer influência nas populações de insetos (Silva *et al.*, 2011). Di Siervi (2015) observaram variação sazonal no percentual de indivíduos para alguns táxons coletados em armadilhas de interceptação e queda na Estação Ecológica de Itirapina, especialmente para Blattodea, incluindo *Parahormetica* sp., item frequentemente predado por *Xolmis cinereus*, e também para *Coleoptera* spp., Scarabaeinae, Hemiptera e Orthoptera, com maior frequência destes na estação chuvosa.

Insetos dependem de temperatura externa para termorregulação e para permitir que tenham energia suficiente para a manutenção do voo (Kingsolver, 1983). A primeira ação de voo dos insetos, o decolar, exige muita coordenação nervosa e energia física, portanto os limiares de temperatura necessária para o início de voo costumam ser rigidamente fixos para diversas espécies; a partir deste limiar o percentual de insetos em movimento é independente da temperatura até que um limiar superior seja atingido (Taylor, 1963). Desta forma, fatores climáticos influenciam indiretamente o comportamento de forrageamento de espécies de aves insetívoras por modificarem o padrão de disponibilidade de presas, que também pode variar de acordo com a estrutura do habitat (Wiete & Gow, 2013).

Assim, em nossa investigação notamos que alguns fatores influenciaram as manobras de ataques utilizadas pelas espécies aqui estudadas. Os ataques aéreos de *Alectrurus tricolor* foram correlacionados com temperaturas mais altas (Figura 17); encontramos resultado idêntico para *Xolmis velatus* (Figura 31) e semelhante para *Gubernetes yetapa* (Figura 23), porém para esta última espécie as maiores quantidades de ataques aéreos ocorreram nas temperaturas altas e moderadas. A quantidade de nebulosidade também exerceu influência nos ataques aéreos de *Alectrurus tricolor* (Figura 17), e

embora com menor significância, há maior quantidade de ataques aéreos em dias com alta insolação. Entretanto, *Xolmis velatus* apresentou maior quantidade de ataques aéreos em dias com baixa insolação (Figura 31). Estes fatores não influenciaram os ataques aéreos de *Xolmis cinereus*, a espécie que utilizou *Aerial hawking* com menor frequência.

Murphy (1987), em um estudo com *Tyrannus tyrannus*, encontrou correlação positiva entre proporções de *Aerial hawking* e temperaturas elevadas e também com decréscimo da cobertura de nuvens. *Tyrannus tyrannus* utiliza manobras de ataques similares às utilizadas por *Alectrurus tricolor*, com maior predominância de ataques aéreos seguido por ataques na vegetação do tipo *Outward-striking*. Para estas espécies, predominantemente caçadoras aéreas, a temperatura ambiente (Davies, 1977; Murphy, 1987, Teather, 1992; Troy & Baccus, 2009) e a quantidade de iluminação (Murphy, 1987, Teather, 1992) parecem exercer influência na presença dos ataques aéreos. De acordo com Fitzpatrick (1980) especialistas em *Aerial hawking* geralmente habitam áreas abertas, como bordas ou dossel, onde a luz é muito brilhante e a presa pode ser maculada contra um fundo de luz do céu ou da água. Porém, em nosso estudo temperatura ambiente exerceu maior influência para que aves possam investir em ataques aéreos do que iluminação, pois o grau de insolação não influenciou estes modos de forrageio para *Gubernetes yetapa*, e *Xolmis velatus* inesperadamente exibiu um padrão oposto ao habitual. Em um estudo realizado com *Sayornis phoebe* (Troy & Baccus, 2009), os ataques aéreos foram correlacionados positivamente com a temperatura ambiente, mas também não houve qualquer relação com a nebulosidade. No Cerrado, a fase com temperaturas mais altas coincide com a época chuvosa, em que há maior cobertura de nuvens, portanto a interação entre altas temperaturas e menos iluminação, fatores conflitantes para a detecção de insetos pelas aves, pode ter influenciado os resultados obtidos aqui. Adicionalmente, temperatura ambiente parece ser o fator mais relevante para que existam ataques aéreos, apesar de nebulosidade exercer alguma influência.

É interessante notar que para *Xolmis velatus* ataques aéreos acontecem com maior frequência em dias com presença de chuva (Figura 32), algo que pode estar relacionado com o resultado de maiores quantidades de ataques

aéreos em dias com maior nebulosidade. É sabido que precipitação alta diminui a quantidade de voo de insetos, entretanto a presença de chuva tem forte correlação positiva com emergência de insetos em regiões tropicais, onde há altas temperaturas (Elkins, 2004). Tempestades de estações quentes também são frequentemente correlacionadas com massas de ar em que a atividade dos insetos é alta antes dos momentos de chuvas (Elkins, 2004). Algumas aves de rapina insetívoras africanas (Reynolds, 1974) e brasileiras (Sazima, 2007; Motta-Junior *et al.*, 2010) alimentam-se de térmitas voadoras que emergem após tempestades, comportamento observado em diversos outros grupos de aves, inclusive tiranídeos (Sick, 1997). É possível que *Xolmis velatus* aproveitem oportunamente as revoadas de cupins que ocorrem após chuvas.

Tanto *Xolmis cinereus* quanto *Xolmis velatus* realizaram maiores quantidades de ataques aéreos durante o período da tarde (Figuras 25, 29). Insetos possuem ciclos diários de atividade (Marques, 2003), com picos entre 12h00 e 16h00 (Elkins, 2004). É provável que a maior incidência de ataques aéreos observados à tarde esteja relacionada com a maior atividade das presas aéreas neste período, devido aos maiores valores de temperatura ambiente ocorrerem à tarde, e, portanto, a temperatura atuaria indiretamente neste resultado. Sarasola & Negro (2005) observaram que *Buteo swainsoni*, gavião insetívoro durante o inverno, realiza maiores quantidades de ataques aéreos nos momentos do dia em que ocorrem temperaturas mais elevadas e alternam para forrageamento no solo quando a temperatura cai. Temperatura tende a aumentar mais rápido próximo ao solo em áreas abertas, portanto podemos esperar maior atividade de insetos em regiões próximas ao solo no início da manhã, o que induz maior quantidade de Perch-to-ground neste período (Verbeek, 1975). Outro fator relevante é que à tarde os insetos são mais visíveis contra o céu do que contra o fundo escuro do solo (Verbeek, 1975). Ambas as espécies realizaram mais ataques aéreos durante o período com maior radiação solar (Figuras 26, 30), o que não deve ser confundido com dias de maior insolação, estes relacionados com a nebulosidade. Maior radiação solar ocorre durante a estação chuvosa, na primavera e verão do hemisfério sul (Figura 2), e podemos constatar maior quantidade de ataques aéreos durante esta estação (Tabela 2).

Fatores estruturais do habitat, como densidade de folhagens, altura de poleiros disponíveis, entre outros, também exercem influência nas manobras de caça exibidas pelas espécies de aves (Robinson & Holmes, 1982, 1984; Sabo & Holmes, 1983; Evans *et al.*, 2007). *Xolmis cinereus* fez mais ataques aéreos quando esteve em campos cerrados (Figura 25) do que quando esteve em campos limpos ou campos sujos. Pinkowski (1977) encontrou correlação positiva entre altura de forrageamento e temperatura e entre altura de forrageamento e porcentagem de iluminação. Considerando que *Xolmis cinereus* utiliza poleiros em plantas lenhosas na maioria das vezes e que em campos cerrados encontramos vegetação arbórea com altura superior aos subarbustos presentes nos campos sujos, podemos especular que há maior quantidade de ataques aéreos quando esta ave utiliza poleiros mais altos, porém maiores investigações quantitativas devem ser feitas. O tipo de habitat também influenciou os tipos de ataque utilizados por *Xolmis velatus*, que realizou maior quantidade de ataques não aéreos quando esteve nos campos úmidos (Figura 29). Fitzpatrick (1980) relata que existem maiores índices de *Perch-to-ground* em habitats como os campos úmidos, em que são encontrados grandes concentrações de presas no solo.

3.4.3 Fatores climáticos e o tempo de procura por presas

De acordo com Fitzpatrick (1981), a duração do tempo de procura varia de poleiro para poleiro e entre indivíduos, mas se quantificarmos diversos tempos de procura para uma espécie poderemos estabelecer a distribuição da frequência destes tempos. Apesar de diferenças interespecíficas, as distribuições do tempo de procura de tiranídeos demonstram ter a mesma configuração geral (Fitzpatrick, 1981), o que pode ser observado com nossas aves (Figuras 5, 6, 7 e 8). Diversos fatores influenciam o tempo de procura médio utilizado por uma espécie. De acordo com MacArthur *et al.* (1972), o tempo de procura é diretamente proporcional ao tamanho corporal entre predadores que compartilham alguma similaridade no modo de forrageamento. *Alectrurus tricolor*, a menor entre as aves estudadas, apresentou maiores frequências de tempo de procura entre 0-40s (Figura 5), enquanto *Gubernetes*

yetapa, *Xolmis cinereus* e *Xolmis velatus* tiveram maiores frequências entre 0-80s (Figuras 6,7 e 8).

Houve influência do tipo de habitat nos tempos de procura de todas as espécies aqui estudadas, exceto para *Gubernetes yetapa* que não apresentou nenhuma relação significativa entre as variáveis climáticas e de habitat e tempo de procura. *Alectrurus tricolor* que forrageia essencialmente em áreas abertas (observação pessoal), teve maior tempo de procura quando esteve nos campos úmidos (Figura 18). *Xolmis cinereus* apresentou maiores tempos de procura quando esteve em regiões mais abertas (campos limpos e campos sujos) quando comparado com a área mais fechada dos campos cerrados (Figura 27). *Xolmis velatus* teve diferença significativa entre campos limpos (maior tempo de procura) e campos sujos (menos tempo de procura) (Figura 33). Restrições físicas no campo visual influenciam fortemente o padrão temporal de procura por presas das aves. Aves que forrageiam com pequenos campos visuais, como a vegetação densa, terão menos tempo de procura devido a menor área a ser explorada, mas aves que têm um campo visual extenso e podem atacar presas a qualquer distância deste campo visual, como as forrageadoras de áreas abertas, apresentam maiores tempos de procura (Fitzpatrick, 1981). As espécies do gênero *Xolmis* aqui estudadas tiveram maior tempo de procura quando forragearam em áreas mais abertas que oferecem maior campo visual para ser explorado. Diferenças na densidade de presas entre os habitats que a espécie utiliza também interferem no tempo de procura, que é inversamente proporcional à abundância de presas (MacArthur, 1972). É possível que exista diferença na abundância de presas entre campos úmidos e campos limpos e sujos secos, o que pode ter influenciado o resultado obtido para *Alectrurus tricolor*, mas maiores investigações são necessárias.

Xolmis cinereus teve maior tempo de procura durante a estação chuvosa (Figura 27). Pinkowski (1977) também encontrou valores menores de tempo de procura durante clima desfavorável, que impõe maior demanda energética e, assim, as aves necessitam mudar mais de poleiro para investir mais em tentativas de ataques. Bonter *et al.* (2013) observaram que aves visitaram com maior frequência suplementos de alimentação durante os dias frios; assim, é provável que durante o clima frio da estação seca, com menor disponibilidade de presas, *X. cinereus* tenha que explorar melhor o ambiente e reduzir o tempo

de procura em cada poleiro. A ave também pode ser mais seletiva durante a estação chuvosa, com maior disponibilidade de presas, e aumentar o tempo de procura para escolher presas mais valiosas em termos energéticos (Emlen, 1966).

Xolmis velatus teve maior tempo de procura correlacionado com ventos leves (Figura 33), quando há maior disponibilidade de insetos aéreos (Teather, 1992). Sarasola & Negro (2005) encontraram correlação negativa entre ataques voltados ao solo e velocidade do vento e atribuem ao fato de que ortópteros, principal item da dieta do rapinante que estudaram, podem aumentar a distância de escape no solo com o aumento da velocidade do vento. Se ventos leves aumenta a disponibilidade de presas no ar e no solo, é possível que *X. velatus* aumente o tempo de procura de modo a selecionar presas nestes momentos mais favoráveis. Em um estudo realizado nos cerrados da Bolívia oriental, Jahn *et al.* (2010) não encontraram diferenças entre os tempos de procura observados nas estações chuvosas e secas para uma espécie do gênero *Tyrannus*, o que pode estar relacionado com a menor seletividade de presas durante as estações menos favoráveis, como a estação seca.

3.4.4 Fatores climáticos e esforço de forrageamento

A distância média observada entre um poleiro em que não houve tentativas de captura e um novo poleiro deve corresponder a uma distância que deixe o campo visual já explorado para trás, mas não ultrapasse áreas ainda não exploradas quando pensamos em um forrageador ótimo (Fitzpatrick, 1981). Esta distância que Fitzpatrick (1980) denominou *give-up flight* deve ser uma boa representação do campo de visão da ave e pode variar de acordo com o habitat utilizado e a disponibilidade de presas. De acordo com Verbeek (1975), a tendência geral na abundância de invertebrados é refletida na distância média de captura de presas, ou seja, as distâncias entre poleiro e presa capturada são maiores em condições desfavoráveis. De acordo com Fitzpatrick (1981) há relações entre as distâncias de ataque (poleiro e presa) e as distâncias entre poleiros (*give-up flight*), pois espécies que forrageiam em áreas abertas (utilizam *Aerial hawking* em geral) movem-se entre poleiros mais

do que duas vezes a distância de ataque. Especialistas em *gleaners*, que realizam pequenas distâncias de ataque, movem entre poleiros não mais que a distância de ataque (Fitzpatrick, 1981). No entanto, a distância entre poleiros é também uma referência sobre a disponibilidade de presas e pode ser uma medida do esforço de forrageamento (Troy & Baccus, 2009).

Alectrurus tricolor foi a única espécie com dimorfismo sexual marcante e que pudemos fazer distinção entre os sexos e entre jovens e adultos. Indivíduos adultos tiveram maiores distâncias entre poleiros após a desistência quando comparados com indivíduos jovens (Figura 21). Jovens geralmente ainda não desenvolveram toda a sua habilidade de forrageador (Wunderle, 1991; Vanderhoff & Eason, 2008; obs.pessoal) e podem não conseguir avaliar áreas tão extensas quanto um adulto. Também jovens podem ter inabilidade em distinguir áreas já avaliadas das áreas ainda não exploradas. Machos adultos também percorreram maiores distâncias quando comparados com as fêmeas (Figura 21), o que talvez reflita diferenças entre os sexos (Ratcliffe *et al.*, 2013) na forma de inspecionar uma área de forrageamento. Talvez o macho tenha maior disposição para arriscar buscas em novas áreas, enquanto fêmeas talvez se exponham menos aos predadores ao evitar maiores distâncias; outra possibilidade é que talvez existam diferenças entre os sexos na seletividade de presas. Os diferentes papéis exercidos por machos e fêmeas no cuidado com a prole, possíveis diferenças nas dietas para reduzir competição intraespecífica e/ou mecanismos envolvidos com escolha de parceiro podem estar relacionados com estes resultados (Jehl & Murray, 1986, Pinet *et al.* 2012) que demandam maiores investigações.

Fatores que reduzem a disponibilidade de presas aéreas influenciaram os valores médios de distância percorrida. *Xolmis velatus* e *Alectrurus tricolor* voaram maiores distâncias entre poleiros em temperaturas baixas e moderadas (Figuras 20, 35), o que deve ser reflexo da menor atividade dos insetos e consequentemente menor disponibilidade que exige maior esforço de forrageamento. *A. tricolor* também percorreu maiores distâncias em condições de nebulosidade (Figura 20), outro fator relacionado com baixa disponibilidade de presas aéreas; nestas ocasiões os indivíduos podem deslocar mais em busca de presas na vegetação. *Gubernetes yetapa* percorreu maiores distâncias em dias com vento moderado (Figura 24), ou seja, com menor

disponibilidade de presas, resultado semelhante aos encontrado por Troy & Baccus (2009) em seu estudo com *Sayornis phoebe* no sul do Texas.

Entretanto, *Gubernetes yetapa* apresentou maiores distâncias percorridas em altas temperaturas (Figura 24). Se há maior disponibilidade de presas aéreas em altas temperaturas e *G. yetapa* é predominantemente *Aerial hawking*, é possível que este resultado reflita características de seletividade de presas da espécie. Davies (1977) relatou que indivíduos adultos de *Muscicapa striata*, especialistas em presas aéreas, voaram maiores distâncias em relação aos seus poleiros para capturar grandes presas e menores distâncias para capturar pequenas presas. Presas maiores são mais visíveis à distância e pode ser benéfico realizar maior esforço de forrageamento, mas obter itens com maior valor energético. Quanto maior a distância de ataque, maior será a distância entre poleiros (*give-up flight*) (Fitzpatrick, 1981).

Alectrurus tricolor e *Xolmis velatus* percorreram maiores distâncias na estação chuvosa (época ambiental mais favorável) coincidente com o período reprodutivo (Figura 19, 34). O investimento em caracteres reprodutivos, corte para atrair a fêmea e cuidado parental da fêmea são fatores que contribuem para que exista maior esforço de forrageamento e seletividade de presas. Nos dias em que houve episódios de chuva ocorreram menores distâncias entre poleiros para *A. tricolor* (Figura 22) e *X. cinereus* (Figura 28), mas com maiores distâncias percorridas por *Gubernetes yetapa* (Figura 24). Uma hipótese é que *A. tricolor* e *X. cinereus* aproveitem maior disponibilidade de insetos após as chuvas e percorram menores distâncias entre poleiros, enquanto *G. yetapa* tenha predileção por presas maiores e invista em maior esforço de forrageamento em dias chuvosos. Mas estudos sobre a dieta destas aves são necessários para maiores conclusões.

Características do habitat também exercem influência nas distâncias percorridas (Fitzpatrick, 1981). *Alectrurus tricolor* voa maiores distâncias quando forrageia em campos sujos (Figura 18). É possível que nestes ambientes, os indivíduos utilizem poleiros mais altos (subarbustos), e, então, consigam alcançar um campo visual maior, desta forma percorram maior distância entre os poleiros utilizados para forragear, mas é preciso realizar estudos mais detalhados para maiores conclusões. *Xolmis velatus* percorreram maiores distâncias quando forragearam à tarde (Figura 34) e podemos

especular que após ganho energético matutino as aves tenham maior disposição para investir em maiores deslocamentos e explorar maiores áreas de forrageamento e selecionar presas.

O percentual em que as aves retornam ao mesmo poleiro é um indicativo da disponibilidade de presas na área em forrageiam e de sua habilidade em avaliar as variações entre densidade de presas entre poleiros (Leck, 1971; Fitzpatrick, 1980; Moreno, 1984). A tendência de retorno ao mesmo poleiro deve ser inversamente relacionada ao tempo necessário para encontrar a presa. *Gubernetes yetapa* e *Xolmis cinereus* tiveram os menores percentuais de retorno ao poleiro. *Alectrurus tricolor* e *Xolmis velatus* tiveram os maiores percentuais de retorno ao poleiro. De acordo com Fitzpatrick (1981), aves especialistas em *Aerial hawking* retornam mais ao mesmo poleiro quando comparadas com espécies generalistas que forrageiam próximo ao solo. Isto está de acordo com *A. tricolor* que utiliza mais *Aerial hawking* quando comparada com *G. yetapa*, outra espécie para quem *Aerial hawking* é a manobra mais importante, mas também dedica tempo considerável à procura de presas no solo. Há maior efeito de redução de recursos para quem procura presas no solo do que para quem procura por presas voando no ar (Moreno, 1984). Podemos utilizar o mesmo raciocínio para as espécies de *Xolmis*, pois *X. cinereus*, a ave que utiliza menos *Aerial hawking* em relação a *X. velatus*, possui também menor percentual de retorno ao poleiro. Outros aspectos relacionados à variabilidade entre o forrageamento e detecção de presas entre estas espécies também podem estar relacionados e estudos futuros neste sentido são relacionados.

3.5. Referências Bibliográficas

Alcock, J. 2005. *Animal Behavior: an evolutionary approach*. 8º ed. Sunderland, Massachussets. Sinauer.

Altmann, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-297.

Belmonte-Lopes, R. 2008. Biologia e Comportamento da tesoura-do-brejo (*Gubernetes yetapa*, Aves, Tyrannidae) em uma área aberta antropizada. Monografia de conclusão de curso - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Bonter, D.N.; Zuckerberg, B.; Sedgwick, C.W. & Hochachka, W.M. 2013. Daily foraging patterns in free-living birds: exploring the predation-starvation trade-off. *Proc R Soc B* 280 : 1-7.

Botero-Delgadillo, E. 2011. Cuantificando el comportamiento: estrategias de búsqueda y ecología de forrajeo de 12 especies sintópicas de Atrapamoscas (Tyrannidae) en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Brasileira de Ornitologia* 19(3): 343-357.

Botero-Delgadillo, E. & Bayly, N.J. 2012. Does morphology predict behavior? Correspondence between behavioral and morphometric data in a Tyrant-flycatcher (Tyrannidae) assemblage in the Santa Marta Mountains, Colombia. *Journal Field Ornithology* 83(4): 329-342.

Braz, V.S. 2008. *Ecologia e conservação das aves campestres do bioma Cerrado*. Tese de doutorado - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília-DF.

Bryant, D.M. 1997. Energy expenditure in wild birds. *Proceedings of the nutrition society* 56:1025-1039.

Conner, R.N. 1981. Seasonal changes in woodpecker foraging patterns. *The Auk*. 98: 562-570.

Davies, B.N. 1977. Prey selection and the search strategy of the spotted flycatcher (*Muscicapa striata*): a field study on optimal foraging. *Anim. Behav.* 25: 1016-1033.

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.) *Ornitologia da conservação: da ciência às estratégias*. Tubarão: Ed. Unisul.

Di Siervi, T.C. 2015. *Dieta e seleção de coleópteros copro-necrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) pela coruja buraqueira (Athene cunicularia, Strigiformes: Strigidae) em campos da Estação Ecológica de Itirapina, Estado de São Paulo, Brasil*. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Elkins, N. 2004. *Weather and bird behavior*. 3º ed. T & A. D. Poyser. London

Emlen, J.M. 1968. Optimal choice in animals. *The American Naturalist* 102:385-389.

Evans, K.L.; Wilson, J.D.; Bradbury, R.B. 2007. Effects of crop type and aerial invertebrate abundance on foraging barn swallows *Hirundo rustica*. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 122:267-273.

Fernández-Juricic, E. & Beauchamp, G. 2008. An experimental analysis of spatial position effects on foraging and vigilance in Brown-Headed cowbird flocks. *Ethology* 114(2): 105-114.

Fernández-Juricic, E.; Gall, M.D.; Dolan, T.; Tisdale, V. & Martin, G.R. 2008. The visual fields of two ground-foraging birds, House Finches and House Sparrows, allow for simultaneous foraging and anti-predator vigilance. *Ibis* 150(4): 779-787.

Fiecker, C.Z. 2012. Estruturação das assembleias de aves que utilizam diferentes fisionomias de Cerrado na Estação Ecológica de Itirapina, São Paulo. Dissertação de mestrado. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP.

Fitzpatrick, J.W. 1980. Foraging behavior of neotropical tyrant flycatchers. *Condor* 82:43-57.

Fitzpatrick, J.W. 1981. Search strategies of tyrant flycatchers. *Anim. Behav.* 29:810-821.

Fitzpatrick, J.W. 1985. Form, foraging behavior, and adaptive radiation in the tyrannidae. *Ornithological Monographs* 36: 447-470.

Fitzpatrick, J.W. 2004. Family Tyrannidae (Tyrant-flycatchers). In: Del Hoyo, J.; Elliot, A.; Christie, D.A. (eds) *Handbook of the Birds of the World. Cotingas to pipits and wagtails*. Lynx, Barcelona (ES), v.9, p.170-462.

Ford, H.A., Huddy, L. e Bell, H. 1990. Seasonal changes in foraging behavior of three passerines in Australian eucalyptus woodland. In Morrison, M.L., Ralph, C.J., Verner, J., & Jehl Jr., J.R. (eds.) *Avian foraging: theory, methodology, and applications*. Lawrence: Cooper Ornithological Society. p:245-253. (Studies in Avian Biology 13).

Freitas, M.S. 2014. *Biologia reprodutiva, seleção de sítios de nidificação e sucesso reprodutivo em aves campestres de cerrado na Estação Ecológica de Itirapina*. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Gabriel, V.A & Pizo, M.A. 2005. Foraging behavior of tyrant flycatchers (Aves, Tyrannidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22(4): 1072-1077.

Giacomini, H.C. 2007. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. *Oecol. Bras.* 11(4): 521-543.

Giraldeau, L.A. 2008. Social foraging. In: Danchin, E.; Giraldeau, L.A. & Cézilly, F. *Behavioural Ecology*. Oxford University Press, New York.

Golabek, K.A., Ridley, A.R., Radford, A.N. 2012. Food availability affects strength of seasonal territorial behavior in a cooperatively breeding bird. *Animal Behaviour* 83(3): 613-619.

Hass, A. 2008. *Alectrurus tricolor* (Vieillot, 1816). In: Machado, A.B.M.; Drummond, G.M.; Paglia, A.P. (eds) Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, v.2. Ministério do Meio Ambiente, Fundação Biodiversitas, Brasília. p: 626-627.

Hutto, R.L. 1981. Seasonal variation in the foraging behavior of some migratory western wood warblers. *The Auk*. 98: 765-777.

Jahn, A.E.; Levey, D.J.; Mamani, A.M.; Saldias, M.; Alcoba, A.; Ledezma, M.J.; Flores, B.; Vidoz, J.Q. & Hilarion, F. 2010. Seasonal differences in rainfall, food availability, and the foraging behavior of Tropical Kingbirds in the southern Amazon Basin. *Journal of Field Ornithology* 81 (4): 340-348.

Jehl Jr. J.R. & Murray Jr. B. G. 1986. The evolution of normal and reverse sexual size dimorphism in shorebirds and other birds. *Current Ornithology*. Springer US.p.1-86.

Kingsolver, J.G. 1983. Thermoregulation and flight in colias butterflies: elevational patterns and mechanistic limitations. *Ecology* 64(3): 534-545.

Kingsolver, J.G. 1989. Weather and the population dynamics of insects: integrating physiological and population ecology. *Physiological Zoology* 62(2):314-334.

Leck, C.F.1971. Some spatial and temporal dimensions of kingbird foraging-flights. *The Wilson Bulletin* 83(3): 310-311.

Levins, R. 1968. *Evolution in changing environments: some theoretical explorations*. Princeton: Princeton Univ. Press.

MacArthur, R.H. 1972. *Geographical ecology*. Harper & Row, New York.

Manhães, M. A. 2003. Variação sazonal da dieta e do comportamento alimentar de traupíneos (Passeriformes: Emberizidae) em Ibitioca, Minas Gerais, Brasil. *Ararajuba* 11(1): 45-55.

Marini, M.A.; Barbet-Massin, M.; Lopes, L.E.; Jiguet, F.; 2012. Geographic and seasonal distribution of the Cock-tailed tyrant (*Alectrurus tricolor*) inferred from niche modeling. *Journal of Ornithology* 154(2): 393-402.

Marques, M.D.; Golombek, D. & Moreno, C. 2003. Adaptação temporal. In: Marques, N; Menna-Barreto, L.S (Orgs.) *Cronobiologia: princípios e aplicações*. 3ºed. São Paulo, Edusp.

Moreno, J. Search strategies of wheatears (*Oenanthe oenanthe*) and stonechats (*Saxicola torquata*): adaptive variation in perch height, search time, sally distance and inter-perch move length. *Journal of Animal Ecology* 53(1):147-159.

Motta-Junior, J.C.; Granzinolli, M.A.M. & Monteiro, A.R. 2010. Miscelaneous ecological notes on Brazilian birds of prey and owls. *Biota Neotrop.*10(4): 355-360.

Murphy, M.T. 1987. The impact of weather on kingbird foraging behavior. *The Condor* 89:721-730.

Pinkowski, B.C. 1977. Foraging behavior of the Eastern Bluebird. *The Wilson Bulletin* 89(3): 404-414.

Pio, H.T. 2012. Estudo da precipitação e índices de extremos climáticos na região de São Carlos, São Paulo. Monografia de conclusão de curso – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Pinet, P.; Jaquement, S.; Phillips, P.A. & Corre, M.L. 2012. Sex-specific foraging strategies throughout the breeding season in a tropical, sexually monomorphic small petrel. *Animal Behaviour* 83: 979-989.

Powell, G.V.N. 1985. Sociobiology and adaptative significance of interspecific foraging flocks in the Neotropics. *Neotropical Ornithology* 36:713-732.

Pyke, G.H.; Pulliam, H.R. & Charnov, E.L. 1977. Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology* 52(2): 137-154.

Ractliffe, N.; Takahashi, A.; O'Sullivan, C.; Adlard, S.; Trathan, P.N.; Harris, M.P. & Wanless, S. 2013. The roles of sex, mass and individual specialization in partitioning foraging–depth niches of a pursuit-diving predator. *Plos One* 8(10): 1-7.

Ragusa-Neto, J. 1997. Evidence for the possible advantage of heterospecific social foraging in *Furnarius rufus* (Passeriformes: Furnariidae). *Ararajuba* 5:233-235.

Ragusa-Neto, J. 2001. Sentinels in *Saltator atricollis* (Passeriformes: Emberizidae). *Revista Brasileira de Biologia* 61:317-322.

Ragusa-Neto, 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.

Remsen, J.V.; Areta, J.I.; Cadena, C.D.; Jaramillo, A.; Nores, M.; Pacheco, J.F.; Perez Emen, J.; Robbins, M.B.; Stiles, F.G.; Stotz, D.F. & Zimmer, K.J. 2015. A classification of the birds species of South America. American Ornithologists' Union. [http:// www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html](http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html)

- Reynolds, J.F. 1974. Palearctic birds in East Africa. *Brit.Birds* 67: 70-76.
- Robinson, S.K. & Holmes, R.T. 1982. Foraging behavior of forest birds: the relationships among search tactics, diet, and habitat structure. *Ecology* 63(6): 1918-1931.
- Robinson, S.K. & Holmes, R.T. 1984. Effects of plant species and foliage structure on the foraging behavior of forest birds. *The Auk* 101(4): 672-684.
- Sabo, S.R. & Holmes, R.T. 1983. Foraging niches and the structure of forest bird communities in contrasting montane habitats. *The Condor* 85 (2): 121-138.
- Sarasola, J.H. & Negro, J.J. 2005. Hunting success of wintering Swainson's Hawks: environmental effects in timing and choice of foraging method. *Can. J. Zoo.* 83:1353-1359.
- Sazima, I. 2007. The jack-off-all trades raptors: versatile foraging and wide trophic role of the Southern Caracara (*Caracara plancus*) in Brazil, with comments on feeding habits of the Caracarini. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15(4): 592-597.
- Sherry, T.W. 1984. Comparative dietary ecology of sympatric, insectivorous neotropical flycatchers (Tyrannidae). *Ecological Monographs* 54(3): 313-338.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro: 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.
- Silva, N.A.P.; Frizzas, M.A. & Oliveira, C.M. 2011. Seasonality in insect abundance in the "Cerrado" of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(1): 79-87.
- Silveira, L.F. 1998. The birds of Serra da Canastra National Park and adjacent areas, Minas Gerais, Brazil. *Cotinga* 10:55-63.
- Smith, W.J. & Vuilleumier, F. 1971. Evolutionary relationships of some South American ground tyrants. *Bull.Mus.Comp.Zool.* 141:181-286.
- Taylor, L.R. 1963. Analysis of the effect of temperature on insects in flight. *Journal of Animal Ecology* 32: 99-117.
- Teather, K. 1992. Foraging patterns of male and female Scissor-tailed flycatchers. *Journal of Field Ornithology* 63(3):318-323.
- 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.

Troy, J.R. & Baccus, J.T. 2009. Effects of weather and habitat on foraging behavior of non-breeding Eastern Phoebes. *The Wilson Journal of Ornithology* 121(1): 97-103.

Tubelis, D.P. & Cavalcanti, R.B. 2001. Community similarity and abundance of BIRD species in open habitats of a central Brazilian Cerrado. *Ornitologia Neotropical* 12: 57-73.

Vanderhoff, E.N. & Eason, P.K. 2008. Influence of environmental variables on foraging by juvenile American Robins. *J. Field Ornithol.* 79(2): 186-192.

Verbeek, N.A.M. 1975. Northern wintering of flycatchers and residency of Black Phoebes in California. *The Auk* 92(4):737-749.

Wiebe, K.L. & Gow, E.A. 2013. Choice of foraging habitat by northern flickers reflects changes in availability of their ant prey linked to ambient temperature. *Ecoscience* 20(2):122-130.

Wunderle, J.M. 1991. Age-specific foraging proficiency in birds. *Curr. Ornithol.* 8: 273-324.

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-Estação Ecológica e Experimental de Itirapina*. São Paulo: Instituto Florestal.

Capítulo 4

Considerações sobre o Cerrado: caracterização, ameaças a sua biodiversidade e perspectivas.

4.1. Introdução

Nas últimas décadas o Cerrado tem sofrido intensa pressão antrópica e poucas são as áreas protegidas como unidades de conservação. Muita informação biológica foi perdida com a destruição de grandes extensões de Cerrado, diversas áreas são ainda mal inventariadas e as políticas públicas adotadas para sua proteção são ainda insuficientes. Além dos problemas relacionados com a fragmentação da região, existem estimativas de que as mudanças climáticas também provoquem perda de habitat no Cerrado (Malcom *et al.*, 2006). A combinação destes fatores faz com que exista urgência em promover o conhecimento sobre aspectos da biodiversidade/ecologia do Cerrado para que se estabeleça uma base sólida de argumentos científicos que possam ser transformados em futuras ações conservacionistas.

Neste artigo, pretendemos reunir informações sobre as características que são intrínsecas ao Domínio do Cerrado, as maiores ameaças para sua conservação e estabelecer relações entre os nossos resultados apresentados no capítulo 3, que abordou a influência de fatores climáticos locais em alguns parâmetros do forrageamento de tiranídeos em um remanescente de Cerrado no Estado de São Paulo, com as perspectivas para a conservação de aves campestres em um cenário de mudanças climáticas previstas para os próximos anos.

4.2. Caracterização do Cerrado.

Existe uma variedade de definições sobre o que caracteriza uma savana; as principais distinções acontecem entre a escola americana (Cain, 1951; Eiten, 1968, 1972; Mistry, 2000) e a escola europeia (Whittaker, 1975, 1977; Cabrera & Willink, 1980; Walter, 1986; Cole, 1986). A maior divergência entre estas escolas ocorre especialmente porque a escola americana expande o conceito para além das formações tropicais. Uma das definições mais tradicionais foi feita por Cole (1986), que define savanas como vegetações com estrato graminoso contínuo, frequentemente com árvores e/ou arbustos que exibem características estruturais e funcionais similares. De acordo com o conceito adotado para savana, encontraremos variações em sua distribuição geográfica, porém, se considerarmos as savanas como restritas às regiões

tropicais, elas serão observadas em regiões africanas, entre a floresta tropical e o deserto (Eiten, 1972), no continente asiático, na Austrália e suas vizinhanças e nas Américas Central e do Sul. As savanas têm sofrido extensas ações antrópicas e estão ameaçadas em diversas regiões do planeta (Klink *et al.*, 1993; Klink & Machado, 2005).

No Brasil, o termo savana tem sido utilizado como sinônimo de Cerrado (Walter *et al.*, 2008), contudo, pode ser mais apropriado dizer que Cerrado abrange também as formações savânicas (Eiten, 1972, 1977). De acordo com Coutinho (2006), o Cerrado compreende um complexo de biomas distribuídos em mosaicos que fazem parte de um mesmo domínio morfoclimático e fitogeográfico. Assim, o Domínio do Cerrado compreende fitofisionomias distintas, com regiões campestres (campo limpo), savânicas (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) e florestais (Cerradão) (Coutinho, 1978). Estas paisagens distribuem-se em interflúvios bem drenados com florestas de galeria seguindo os cursos d'água (Ratter *et al.*, 1997). Embora estas fitofisionomias compartilhem o mesmo macroclima, a diversidade existente em aspectos relativos à topografia, geomorfologia, hidrologia e regimes de fogo permite tal variação fitofisionômica (Cole, 1986). Fertilidade de solos e umidade são alguns dos fatores importantes para a distribuição da vegetação de Cerrado. Os solos no Cerrado costumam ser profundos, com o lençol freático a vários metros abaixo da superfície e substrato permeável que permite a penetração de grandes quantidade de água. Porém, as variações edáficas são um dos fatores condicionantes da grande variabilidade estrutural do Cerrado (Rizzini, 1997). Os principais solos são distróficos, com baixo pH, baixa disponibilidade de cálcio e magnésio e altas concentrações de alumínio (Furley & Ratter, 1988).

Alguns autores correlacionam positivamente os elementos lenhosos do Cerrado com a fertilidade do solo (Goodland & Pollard, 1973; Lopes & Cox, 1977), mas o fogo também exerce influência importante na densidade de vegetação lenhosa; apesar de muitas espécies lenhosas serem bem adaptadas à presença de fogo, incêndios em curtos intervalos de tempo são prejudiciais para esta vegetação e favorecem a produção de fitofisionomias mais abertas. Coutinho (1978) menciona que a vegetação clímax do Cerrado é atualmente o cerradão e que as outras fitofisionomias existem como fases de sucessão

controladas pelos regimes de fogo, com tendência a evoluir para cerradão na ausência de incêndios. Porém, esta característica de sucessão pode não ser decisiva para certas regiões em que fatores limitantes, como solo arenoso, pequena profundidade do solo e/ou lençol freático alto, não permitem o adensamento de vegetação arbórea (Ribeiro & Walter, 2008). Assim, as formações campestres do Cerrado estão relacionadas com solos de alta saturação de alumínio, baixa fertilidade, rasos, ou quando profundos, distróficos, ou ainda caracterizados por encharcamento sazonal da camada superficial (Keddy, 2000).

O Cerrado é o segundo domínio morfoclimático em ordem de grandeza espacial no Brasil, ocupando aproximadamente 2.000.000 km² na região central do país, mais áreas disjuntas nos outros domínios adjacentes (Ab'Saber 1981, Scariot *et al.* 2005, Coutinho 2006). Os enclaves de Cerrado que ocorrem inseridos em outros domínios, como na floresta Amazônica, são remanescentes de um período em que o Cerrado ocupava maiores extensões que hoje (Eiten, 1972; Cole, 1986; Oliveira, 2000). É parte do que Vanzolini (1963) chamou de formação aberta diagonal, junto com a formação mais seca, denominada Caatinga, e o Chaco do Paraguai, Bolívia e Argentina, formam um corredor entre as principais florestas tropicais da América do Sul: a floresta Amazônica e a floresta Atlântica (Figura 1). Este corredor de áreas abertas ocorre em um amplo limite de condições climáticas, latitudinais e altitudinais (Pennington *et al.*, 2006), mas compartilham a presença de uma marcada estação seca que exerce força seletiva em seus mosaicos de vegetação caracterizados por uma diversidade de mecanismos adaptativos ao estresse hídrico (Furley & Metcalfe, 2007).

Figura 1. Distribuição da vegetação do Cerrado no Brasil. Adaptado de Ratter *et al.* (1997).

O clima do Cerrado recebe forte influência de fatores geográficos e de sistemas atmosféricos que atuam em toda a América do Sul, como as massas de ar de origem marítima, tais como os centros de alta pressão subtropicais do Atlântico Norte, do Atlântico Sul, do Pacífico Sul e das altas pressões polares, e os centros de ação de origem continental, como as depressões Amazônicas e do Chaco (Nimer, 1989). A interação entre estes fatores resulta em um clima

com características fortemente sazonais, com a presença de uma estação chuvosa entre os meses de outubro e março, e uma estação seca entre os meses de abril e setembro.

A porção sul do Domínio do Cerrado apresenta maiores valores pluviométricos quando comparado com as áreas limítrofes às regiões semi-áridas, o que significa que o padrão de distribuição pluvial do Cerrado ao longo da estação chuvosa possui heterogeneidade espacial (Silva *et al.*, 2008). Diversidade espacial também ocorre com os valores médios de temperatura anual, porém há um padrão inverso do observado para pluviosidade, com um notável aumento da temperatura no sentido sul-norte do Domínio do Cerrado (Silva *et al.*, 2008). Encontramos no Cerrado valores médios de umidade relativa do ar inferiores aos valores encontrados para o litoral e para a região Amazônica, com os menores valores médios (40% a 60%) observados durante a estação seca, especialmente nos meses de agosto e setembro (Silva *et al.*, 2008). As regiões do Cerrado que fazem divisa com a região Nordeste apresentam menores valores de umidade relativa do ar, e poucas são as áreas (pequenas áreas nos estados de Minas Gerais, Tocantins e Roraima) que apresentam valores médios superiores (80% e 90%). De acordo com a classificação climática de Köppen, cujas definições são baseadas em valores médios de temperatura e umidade, o Domínio do Cerrado é predominantemente caracterizado por clima do tipo Aw, tropical úmido com inverno seco e chuvas de verão, mas com algumas regiões na porção sul caracterizadas por clima Cw, mesotérmico com inverno seco.

4.2.1. Biodiversidade do Cerrado e problemas de conservação

Apesar dos avanços obtidos com pesquisas sobre diversidade de fauna e flora do Cerrado, existem algumas regiões dentro do Domínio que ainda não foram inventariadas (Silva, 1995a; Marini & Garcia, 2005) e outras que necessitam de reavaliação devido aos problemas de amostragens ou relacionados com filogenias não confiáveis (Rodrigues, 2005). Outro fator a ser considerado é que alguns estudos desconsideram as áreas disjuntas do Domínio Cerrado em avaliações de endemismos, o que pode resultar em imprecisões sobre a biodiversidade do Cerrado. Resultados obtidos com

estudos sobre registros de pólen no Quaternário, que são indicadores de presença de flora do cerrado *sensu lato* em áreas intermediárias entre as áreas contínuas do Cerrado com as áreas disjuntas em outros domínios morfoclimáticos, têm demonstrado que a vegetação do Cerrado do Brasil central já expandiu para áreas além de sua distribuição atual no sentido leste, sudeste e sul (Behling, 1998). Os mesmos tipos de estudos feitos para explicar as áreas disjuntas na floresta Amazônica que considerem o final Pleistoceno e Holoceno demonstram resultados similares nos limites sudoeste e sul da Amazônia (Behling & Hooghiemstra, 2001). Estes estudos podem auxiliar em padronizações de critérios para definições de áreas que devem ser consideradas como parte do Domínio do Cerrado, o que influenciará listagens de endemismos e permitirá comparações entre eles. Assim, é urgente a realização de inventários de fauna e flora, com critérios bem elaborados, especialmente devido à forte pressão antrópica destinada ao Cerrado (Silva, 1995a). Rodrigues (2005) ressalta a importância de investigações sobre padrões de distribuição de espécies e endemismos para que possam ser adotadas medidas efetivas de conservação, sem esquecer que diversas áreas naturais de Cerrado, com informações biológicas relevantes, já foram destruídas.

Apesar destas dificuldades com inventários, as porcentagens de endemismos para plantas e diferentes grupos de vertebrados no Cerrado variam entre 3% a 50% (Mittermeier *et al.* 1999). De acordo com Rodrigues (2005), mesmo com a variabilidade de resultados obtidos com táxons distintos devido a uma série fatores históricos, ecológicos e operacionais, estes números de endemismos para o Cerrado são de extrema importância para ressaltar as suas características intrínsecas, com fauna e flora que divergem daquelas encontradas na Caatinga e no Chaco. De acordo com Silva & Santos (2005) existem 856 espécies de aves para o Cerrado, com 30 espécies endêmicas. Vale ressaltar que nesta listagem há um critério restritivo que não considera endêmicas espécies com populações em savanas presentes no Amapá, que estão a mais de 700 km distantes da borda mais próxima da área nuclear do Cerrado. Este critério pode ser contestado com base em informações sobre similaridade florística (há necessidade de considerar também o estrato herbáceo, que congrega $\frac{3}{4}$ da riqueza de espécies do

Cerrado) que ajudariam na caracterização da área de distribuição do Cerrado no passado. Estes estudos nos fazem pensar que estas savanas do Amapá são apenas mais uma das disjunções do Cerrado, conforme o que já é estabelecido para áreas ao sul da área nuclear e também para áreas mais ao sul da região Amazônica (Rosseti & Toledo, 2007, Leopoldo Coutinho, com. pessoal). Cavalcanti (1999) e Pacheco & Olmos (2010) chamam a atenção para a necessidade de incluir espécies que possuem populações em áreas disjuntas do Amapá, *Euscarthmus rufomarginatus*, *Cypsnagra hirundinacea* e *Neothraupis fasciata*, como endêmicas. Stotz *et al.* (1996) consideram 41 espécies endêmicas entre àquelas restritas a um único tipo de campo neotropical, ressaltando que estas podem ser tratadas como uma avifauna endêmica de uma região zoogeográfica. As matas de galeria e matas ciliares são de extrema importância para a riqueza de espécies no Cerrado, pois há um componente itinerante entre as faunas de outras fitofisionomias que dependem desta flora para alimentação ou nidificação (Silva, 1995b; Rodrigues, 2005; Ribeiro *et al.*, 2008).

Estes endemismos que observamos no Cerrado resultam de um histórico que vem desde a existência de protótipos de formações vegetais existentes no Cretáceo, antes da separação final entre a América do Sul e o continente Africano (Ratter & Ribeiro, 1997). Desde então ocorreram modificações com uma relação dinâmica entre florestas e savanas durante o Pleistoceno, com expansão de savanas e florestas decíduas (Ratter *et al.*, 1988) e contração da floresta Amazônica durante períodos glaciais e o oposto acontecendo em períodos não glaciais (Prance, 1973, Silva, 1995b). Esta complexa dinâmica de fragmentações de populações certamente levou a processos de especiação. Uma consideração importante sobre o Cerrado é que ao contrário das savanas africanas, a megafauna que co-evoluiu com suas formações vegetais foi extinta especialmente a cerca de 10.000 anos, período em que a América do Sul perdeu 79,6% dos gêneros de sua megafauna, provavelmente devido ao encontro com populações humanas que dispersavam e caçavam animais que evoluíram em ambientes desprovidos de habitantes humanos (Martin & Klein, 1984). Existe hoje no Cerrado um remanescente da fauna de mamíferos ancestrais como tamanduás, gambás, alguns primatas e diversos roedores, mas é certo que a dispersão de sementes e,

consequentemente, a distribuição de muitas espécies de vegetais foram alteradas devido à extinção de seus dispersores da megafauna e a paisagem que existe hoje é diferente também por este motivo (Jazen & Martin, 1982; Ratter *et al.*, 1997).

Toda a biodiversidade do Cerrado encontra-se ameaçada devido às ações antrópicas. A mecanização da agricultura no Brasil após a década de 50 e a construção de rodovias através do Brasil Central aumentou muito o impacto na região causado por populações humanas. As políticas públicas desenvolvimentistas destinadas à agricultura, o uso de fertilizantes e o desenvolvimento de variedades de milho, arroz, feijão e soja resistentes à seca auxiliaram uma aceleração no processo de conversão de paisagens no Cerrado (Cavalcanti & Joly, 2002; Ribeiro *et al.*, 2008). De acordo com Klink & Machado (2005) mais da metade da paisagem natural do Cerrado foi modificada em apenas quatro décadas. O que existe hoje é um mosaico de fitofisionomias remanescentes envolvidas por uma matriz alterada (Aquino & Miranda, 2008). Ferreira *et al.* (2007) estimaram uma taxa maior de perda de áreas nativas que chegou a 58.889 km² entre 2001 e 2002 e 24.721 km² entre 2004 e 2005. Se estes valores de desmatamento não forem interrompidos, estima-se que em 2030 teremos vegetação nativa de Cerrado apenas em áreas protegidas (Machado *et al.*, 2004).

Apesar destes indicadores da importância da existência de áreas protegidas para o Cerrado, entre todos os *hotspots* mundiais, ele é o que conta com a menor porcentagem de áreas protegidas, com apenas 8,21% de seu território protegido, e apenas 2,85% em Unidades de Conservação de proteção integral (MMA, 2015). As perspectivas não são animadoras diante da diminuição das taxas de criação de novas Unidades de Conservação que foram observadas durante a última gestão do governo federal. Além disso, há um plano encabeçado pelo Ministério da Agricultura em parceria com a EMBRAPA para expandir a fronteira agrícola para regiões de Cerrado em transição com o Semi-Árido nos estados do Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia (EMBRAPA, 2015). Em amostragens de avifauna feitas por Pacheco & Olmos (2010) em áreas de um remanescente contínuo de Cerrado, com cerca de 550.000 ha, distribuídos em áreas do Tocantins e em sua divisa com o Maranhão, foram detectadas áreas muito bem preservadas de campos sujos e cerrados típicos e

sua avifauna associada, o que levou os autores a recomendarem fortemente a criação de Unidades de Conservação na região. Entretanto, a proposta de expansão agrícola para a região pode significar a não criação de novas áreas protegidas e, conseqüentemente, desmatamento de áreas nativas e perda de biodiversidade em uma das regiões mais bem preservadas de Cerrado. Tubelis & Cavalcanti (2000) observaram diferenças significativas entre as avifaunas de campos nativos e de áreas alteradas; especialistas em campos nativos, como *Alectrurus tricolor*, *Cistothorus platensis* e *Coryphaspiza melanotis* não utilizaram áreas não nativas. Desta forma, a importância de preservar campos abertos com vegetação nativa de Cerrado é fundamental para a manutenção de espécies como *A. tricolor*, ameaçada de extinção.

4.2.2. O Cerrado e as perspectivas de mudanças climáticas

De acordo com o último relatório sobre as mudanças climáticas emitido pelo IPCC (Field, 2014), espera-se para a América do Sul um aumento na temperatura anual entre 1.7°C a 6.7°C para até 2100. São esperadas alterações nos regimes de chuva com variações de acordo com a região geográfica, com redução de 22% no nordeste do Brasil e um aumento de cerca de 25% no sudeste da América do Sul. São previstos maiores períodos de seca na região tropical da América do Sul e no leste dos Andes. Fatores como topografia, latitude, longitude e altitude influenciarão a forma com que diferentes regiões geográficas sofrerão os efeitos das mudanças climáticas; assim, as respostas de diferentes espécies serão distintas de acordo com suas características intrínsecas de plasticidade comportamental e fisiológica, o que resultará em diferentes alterações das comunidades naturais (Lovejoy & Hannah, 2005).

Temperatura e regimes de chuvas são fatores importantes para a abundância e disponibilidade de artrópodes (Taylor, 1963; Silva *et al.*, 2011), principal item na dieta dos tiranídeos.. A disponibilidade de alimentos é um fator de grande importância para o sucesso reprodutivo dos organismos, e as espécies tendem a selecionar habitats que proporcionem condições favoráveis para alimentação (Kitaysky & Golubova, 2000; Wiete & Gow, 2013). No capítulo 3, apresentamos os resultados de nosso estudo sobre a influência de fatores

climáticos e características do habitat no comportamento de forrageamento de tiranídeos na Estação Ecológica de Itirapina. Constatamos que a temperatura ambiente foi positivamente correlacionada com os ataques aéreos de *Alectrurus tricolor*, *Gubernetes yetapa* e *Xolmis velatus* e com o menor esforço de forrageamento para *A. tricolor* e *X. velatus*. *Alectrurus tricolor* e *Gubernetes yetapa* utilizaram ataques aéreos com mais frequência que outros modos de forrageamento durante as duas estações climáticas do Cerrado, o que é um indício da importância das presas aéreas para a dieta destas espécies. *Xolmis velatus* utilizou ataques aéreos como sua estratégia de forrageamento principal apenas durante a estação chuvosa.

A previsão de aumento da temperatura ambiente pode favorecer a disponibilidade de presas para estas aves até algum limite, pois a atividade dos insetos está sujeita a limiares de temperatura inferiores e superiores. Willians (1960, 1961) relatou que a atividade dos insetos aumentava gradualmente com a temperatura ambiente até atingir um valor ótimo, e que aumentos nos valores de temperatura acima deste ótimo causavam falência da atividade. Watt (1968, 1969) em seus estudos com *Colias sp.* (Lepidoptera) observou que a atividade de voo dos insetos iniciava quando sua temperatura corporal atingia entre 30-40°C, com voos mais vigorosos acontecendo entre 35-38°C, mas a partir de 40°C elas exibiram comportamentos para evitar o calor, e com 42°C a atividade de voo foi interrompida. Taylor (1963) observou que o limiar de baixas temperaturas foi importante para determinar o voo dos insetos de clima temperado, e que apesar de não existir dúvidas sobre um limiar superior, este foi menos importante para os insetos do sul da Inglaterra. É possível que para insetos tropicais o limiar superior seja mais importante devido aos valores médios de temperatura anual serem maiores. Kingsolver (1983,1989) ressalta que variações no clima e seus efeitos no tempo de atividade de voo dos insetos podem alterar processos reprodutivos e limitar o sucesso em algumas populações de insetos. Não podemos prever como as estimativas de aumento de temperatura podem afetar as populações de artrópodes no Cerrado, e maiores investigações sobre aspectos ecológicos, fisiológicos e comportamentais serão necessários, especialmente para a região tropical. No entanto, podemos especular que o aumento previsto de até 6,7°C na temperatura certamente modificará padrões de atividade e populacionais de

insetos, afetando a as aves insetívoras, que podem ter um benefício inicial com aumento na disponibilidade de insetos, mas após um determinado limiar comece a existir um prejuízo por redução da quantidade de presas disponíveis.

Murphy (1987) em seu estudo com *Tyrannus tyrannus* ressalta que ataques aéreos são especialmente benéficos nos momentos de cuidado parental, pois possibilitam captura de presas maiores em uma única investida, ao contrário de capturas na vegetação, que rendem itens menores de presas em um único ataque e exige altos níveis de atividade e, conseqüentemente, maior gasto energético. *Alectrurus tricolor*, assim como *Tyrannus tyrannus*, fazem principalmente ataques aéreos, e em segundo lugar os ataques na vegetação. Assim, se a previsão para aumento de temperatura nos próximos anos desencadear alterações na disponibilidade de presas aéreas durante a estação chuvosa, quando as temperaturas são maiores e acontece a fase reprodutiva de *Alectrurus tricolor*, podemos especular que aconteça algum prejuízo no sucesso reprodutivo destas aves. As especificidades da fase reprodutiva demandaram maior esforço de forrageamento para *Alectrurus tricolor* e *Xolmis velatus*, e este esforço pode aumentar caso haja um grande aumento da temperatura ambiente com extensão dos períodos de seca. Estudos com *Ficedula hypoleuca* têm demonstrado que o aumento das temperaturas de primavera provocou a dessincronização entre o pico de disponibilidade de presas com as etapas reprodutivas, resultando em uma diminuição no sucesso reprodutivo destas aves (Both & Visser, 2005; Both *et al.*, 2006). Deve-se ressaltar que resultados sobre sincronia de reprodução com disponibilidade de presas são variáveis de habitat para habitat (Burger *et al.*, 2012) e são necessários estudos mais detalhados com um maior número de espécies.

Em habitats abertos, a temperatura da superfície do solo é muitas vezes mais alta que a temperatura do ar. Wiete & Gow, (2013) observaram que quando a temperatura ambiente foi maior que 20°C, a temperatura do solo chegou a 40°/50°C, algo prejudicial para muitas espécies de formigas, por exemplo. Portanto, um aumento nas médias de temperatura anual no Cerrado pode também reduzir a disponibilidade/atividade de presas no solo, o que seria bastante prejudicial para espécies como *Gubernetes yetapa* e *Xolmis velatus*, que costumam alternar entre ataques aéreos e ataques ao solo. *Xolmis*

cinereus fez ataques ao solo na maioria das vezes durante as duas estações, assim é possível que sofra prejuízos com as previsões de aumento da temperatura antes mesmo que as espécies que utilizam ataques aéreos predominantemente.

A possibilidade de maiores extensões nos períodos de seca e aumento nos valores de temperatura pode modificar padrões de dispersão de sementes de vegetação de Cerrado, alterar diversas interações bióticas e a disponibilidade de insetos (Preston *et al.*, 2008). *Alectrurus tricolor*, *Xolmis velatus* e *Gubernetes yetapa* diversificaram seus comportamentos de forrageamento na estação seca; *Xolmis cinereus* apresentou menores tempos de procura nesta estação; estes podem ser indícios de estratégias destas espécies para lidar com a menor disponibilidade de presas durante este período. Com uma expansão de períodos secos, as aves podem experimentar maior gasto energético durante um período maior que o esperado e prejudicar sua preparação para processos reprodutivos. O grau de plasticidade para alternar entre modos de forrageamento será algo importante neste cenário; em nosso estudo *Gubernetes yetapa* e *Xolmis velatus* foram as espécies que apresentaram maior diversidade de comportamentos durante a estação seca.

Sabe-se que os limites de área de vida das espécies costumam ser correlacionados com fatores climáticos como temperatura e precipitação (Gaston, 2003; Newton, 2003). De acordo com modelagens realizadas por Marini *et al.* (2009), temperaturas extremas são fatores limitantes na distribuição das aves, o que pode também estar relacionado com suas limitações fisiológicas. Os autores encontraram maior potencial para perda do tamanho de área de distribuição com o avanço das mudanças climáticas para aves especialistas em campos nativos, como *Alectrurus tricolor*, e para espécies dependentes de florestas. Considerando as espécies aqui estudadas, *Alectrurus tricolor* é a mais vulnerável. A mesma já se encontra ameaçada de extinção e rejeita áreas alteradas. De acordo com a *BirdLife International* (2015), *Xolmis cinereus*, apesar de ser observado em áreas parcialmente alteradas, pode apresentar declínios populacionais devido à perda de campos nativos.

Os prognósticos de Marini *et al.* (2009) indicam que os limites de residência serão diminuídos para muitas espécies de aves de Cerrado até

2030, porém não prevê extinções, ao contrário de Anciães & Peterson (2006) que prediz extinções de aves de Cerrado até 2055. De acordo com Marini *et al.* (2009), espécies com potencial migratório, como *Alectrurus tricolor*, e incluo aqui *Xolmis cinereus* (Sick, 1997), e também aquelas que suportam vegetações alteradas, como *X. cinereus* e *Xolmis velatus* podem dispersar no sentido da região sudeste, áreas em que as temperaturas são menores, existem maiores volumes pluviométricos, mas também sofrem as maiores pressões antrópicas. No entanto, os problemas que as espécies habitantes de Cerrado podem ter com os prognósticos de mudanças climáticas são reforçados pela constante perda de habitat devido à conversão de paisagens. Espécies dependentes de campos nativos, que não utilizam áreas alteradas, provavelmente não encontrarão áreas disponíveis para o estabelecimento de novas populações viáveis e, assim, existe urgência para a preservação destes habitats que ainda existem sem alterações.

Malcom *et al.* (2006) estimam que o Cerrado perderá entre 12 e 60% dependendo do cenários de mudanças climáticas. Esta combinação entre os prognósticos de mudanças climáticas com a fragmentação de habitat já existente pode resultar em mudanças nos padrões de comunidades do Cerrado. A maior parte dos estudos sobre mudanças climáticas derivam de espécies das regiões temperadas; entretanto, como existirão variações entre os possíveis impactos das mudanças climáticas de acordo com a região geográfica, é necessário ampliar os estudos para regiões tropicais para que estratégias mitigadoras possam ser utilizadas.

4.2.3. A Estação Ecológica de Itirapina e os últimos campos limpos do estado de São Paulo.

No estado de São Paulo, o Cerrado apresenta-se na forma de fragmentos associados a solos de baixa fertilidade, especialmente na depressão periférica e no Planalto Ocidental Paulista, além de pequenas manchas localizadas no Vale do Paraíba (Durigan *et al.*, 2004). Com uma cobertura original de 14% do território paulista, hoje existe menos de 1% de remanescentes no estado devido ao desmatamento para inserção de pecuária e plantio, e menos de 10% do que sobrou desta vegetação nativa estão

inseridos nas Unidades de Conservação Estaduais (UCs). Grande parte do restante localiza-se em propriedades rurais particulares (Mendonça, 2004).

Atualmente a fisionomia predominante de Cerrado no estado é o cerradão, formação florestal com cobertura arbórea e dossel contínuo, mas as áreas com fisionomias campestres e/ou savânicas já foram predominantes (Durigan *et al.* 2004). Com a proteção contra o fogo, algumas áreas de cerrado típico estão se adensando e transformando-se em cerradão. O aspecto campestre pode ser mantido pelas queimadas frequentes, porém, algumas destas áreas tendem a permanecer com esta fisionomia mesmo com proteção contra o fogo, porque condições como tipo de solo muito arenoso e clima limitam o aumento da biomassa (Durigan *et al.* 2004). As áreas campestres naturais atualmente são raras e concentram-se nas regiões do centro para o leste do estado e também em áreas particulares no sul do Estado, mas um dos últimos remanescentes (de campos sujos e campos limpos) protegidos pode ser encontrado na Estação Ecológica de Itirapina (EEI). Os campos limpos (vegetação predominantemente herbácea) da EEI não têm sofrido ação do fogo com frequência, mas seus solos bastante arenosos e algumas partes saturadas de água durante a estação chuvosa impedem o adensamento de vegetação lenhosa (Figura 2). Os campos sujos estão localizados em regiões com solos mais secos, um pouco menos arenosos, e são um tipo fisionômico exclusivamente arbustivo-herbáceo (Coutinho, 1978) (Figura 3).

Dentro da EEI existem áreas com gramíneas exóticas que representam um risco à biodiversidade. Freitas (2014) observou que *Alectrurus tricolor* utiliza apenas vegetação nativa para a construção de ninhos, e nos arredores destes praticamente não existem capins exóticos, apenas nativos. De acordo com Pivello *et al.* (2005), a invasão de gramíneas exóticas como *Melinis minutiflora* e *Brachiaria decumbens* em Unidades de Conservação começa nas bordas, estabelece-se primeiramente em locais perturbados e depois espalham-se por toda a área. Portanto, é preciso buscar mecanismos que impeçam a expansão dos capins exóticos dentro da EEI para evitar perdas de vegetação nativa importante para a avifauna.

De acordo com o inventário da avifauna realizado por Motta-Junior *et al.* (2008) na EEI entre agosto e dezembro de 2002, entre as 16 espécies que são ameaçadas de extinção no estado de São Paulo e/ou endêmicas do Cerrado, a

maioria (81,25%) foi encontrada nas fisionomias abertas de campo limpo e campo sujo (adaptamos os resultados obtidos por Motta-Junior *et al.* (2008) para a lista atual da fauna ameaçada do estado de São Paulo). Outras Unidades de Conservação do estado de São Paulo sob o Domínio do Cerrado - Estação Ecológica e Experimental em Luiz Antônio, Estação Ecológica de Santa Bárbara, Reserva Legal do campus da UFSCAR, Gleba Pé-de-Gigante - apresentam menor número de espécies ameaçadas e/ou endêmicas do Cerrado quando comparadas com a EEI, provavelmente pela ausência de campos limpos nestas UCs, local em que muitas destas aves ocorrem. Estes dados reforçam a importância de conservarmos em áreas protegidas o que ainda existe desta fisionomia no estado de São Paulo.

Entre as espécies ameaçadas de extinção que foram encontradas principalmente nos campos da EEI, três delas são também ameaçadas em território nacional (MMA, 2008): *Polystictus pectoralis* (VU), *Culicivora caudacuta* (VU) e *Alectrurus tricolor* (VU). Quando avaliamos a lista completa de espécies que já foram observadas na EEI entre 1998 e 2007 (Motta-Junior *et al.* 2008), além de outros registros na literatura (Willis, 2004), encontramos espécies que são ameaçadas no estado de São Paulo e que utilizam as formações campestres como habitat (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies ameaçadas que já foram observadas/ouvidas na Estação Ecológica de Itirapina (Motta-Junior *et al.*, 2008).

Espécies encontradas em áreas campestres/Família	Estado de Conservação no Estado de São Paulo
<i>Rhea americana</i> (Rheidae)	CR
<i>Nothura minor</i> (Tinamidae)	CR
<i>Harpyhaliaetus coronatus</i> (Accipitridae)	CR
<i>Mycropterygia schomburgkii</i> (Rallidae)	CR
<i>Asio flammeus</i> (Strigidae)	EN
<i>Veniliornis mixtus</i> (Picidae)	CR
<i>Melanopareia torquata</i> (Melanopareiidae)	EN
<i>Geositta poeciloptera</i> (Scleruridae)	CR
<i>Elaenia cristata</i> (Tyrannidae)	EN
<i>Polystictus pectoralis</i> (Tyrannidae)	CR
<i>Culicivora caudacuta</i> (Tyrannidae)	CR
<i>Alectrurus tricolor</i> (Tyrannidae)	CR
<i>Anthus nattereri</i> (Motacilidae)	CR
<i>Neothraupis fasciata</i> (Thraupidae)	EN
<i>Cypsnagra hirundinacea</i> (Thraupidae)	EN
<i>Emberizoides ypiranganus</i> (Thraupidae)	VU
<i>Sporophila plumbea</i> (Emberizidae)	EN
<i>Sporophila pileata</i> (Emberizidae)	VU
<i>Sporophila ruficollis</i> (Emberizidae)	CR
<i>Sporophila palustris</i> (Emberizidae)	CR
<i>Sporophila cinnamomea</i> (Emberizidae)	CR
<i>Charitospiza eucosma</i> (Emberizidae)	CR
<i>Coryphaspiza melanotis</i> (Emberizidae)	CR
<i>Saltatricula atricollis</i> (Cardinalidae)	VU

Estado de Conservação no Estado de São Paulo (2009) (Silveira, et al., 2009):CR=criticamente ameaçada de extinção; EN=em perigo de extinção; VU=vulnerável.

Espécies raras costumam apresentar especializações para determinados habitats e distribuições restritas. Uma das maiores ameaças à biodiversidade é a diminuição das áreas onde os organismos se encontram, afetando seriamente suas chances de existência (Aquino & Miranda 2008). A EEI possui cerca de 2300 ha entre os municípios de Itirapina e Brotas. Seu entorno apresenta monoculturas de *Eucalyptus sp* e *Pinus sp*, plantios,

pastos, a represa do Lobo e algumas áreas com vegetação nativa intacta (Granzinolli, 2009). A possibilidade de anexar áreas nativas de Cerrado que ainda existem nas adjacências da EEI aumentaria a extensão de proteção destas áreas no estado e consequentemente de sua fauna associada. Seria interessante inserir a Estação Experimental, que está localizada nas adjacências da EEI, como parte da Estação Ecológica de Itirapina e promover a restauração para Cerrado nativo. Os campos abertos localizam-se na área sul da EEI e ultrapassam os limites da UC. Uma possibilidade interessante seria o poder público orientar os proprietários de áreas rurais para a formação de corredores ecológicos ou para o estabelecimento de zonas tampão (zonas de amortecimento) nos arredores das UCs, com a promoção de manutenção e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e alternativas para a criação de Áreas de Reserva Legal (ARL); assim seria possível garantir a conservação de maiores extensões de território coberto por vegetação nativa (Mendonça, 2004). Estes processos podem ser realizados por meio de redução nos custos de transação para o estabelecimento de ARLs, incentivos econômicos para os produtores rurais, e o uso de critérios científicos para a seleção de áreas prioritárias (Klink *et al.*, 2008). Outra possibilidade importante é o incentivo para práticas que envolvam educação ambiental, turismo de observação de fauna, como o *birdwatching*, em áreas particulares que possuam vegetação nativa e abriguem espécies típicas de Cerrado. Os proprietários podem encontrar um caminho que permita a obtenção de lucro com a manutenção de áreas de Cerrado nativas. A prática de observação de aves, cada dia com mais entusiastas no Brasil, pode ajudar na conscientização sobre cuidados com o meio ambiente e estimular proprietários a manter áreas nativas e reflorestar com espécies nativas as áreas degradadas. Estas são possibilidades para tentar preservar e ampliar áreas propícias de Cerrado na região sudeste que possam abrigar espécies que tenderão a deslocar para estas regiões conforme os prognósticos de mudanças climáticas.

Figura 2. Campo limpo na Estação Ecológica de Itirapina durante o final da estação chuvosa. Foto: Andrea Ferrari.

Figura 3. Campo sujo na Estação Ecológica de Itirapina. Foto: Motta-Junior.

4.3. Referências Bibliográficas

Ab'Saber, A.N. 1981. Domínios morfoclimáticos atuais e quaternários na região dos cerrados. *Craton & Intracton* 14:1-39.

Anciães, M. & Peterson, A.T. 2006. Climate change effects on Neotropical manakin diversity based on ecological niche modeling. *Condor* 108:778-791.

Aquino, F.G. & Miranda, G.H.B. 2008. Consequências ambientais da fragmentação de habitats no Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F.(eds.) *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília:Embrapa.p.384-398.

Behling, H. 1998. Late quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology* 99(2): 143-156.

Behling, H. & Hooghiemstra, H. 2001. *Neotropical savanna environments in space and time: late Quaternary interhemispheric comparisons*. 307-323.

BirdLife International. 2015. Species factsheet: *Xomis cinereus*. Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acessado em 24/07/2015.

Both, C.; Bouwhuis, S.; Lessels, C.M. & Visser, M.E. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441:81-83.

Both, C. & Visser, M.E. 2005. The effect of climate change on the correlation between avian life-history traits. *Glob. Change Biol.* 11:1606-1613.

Burger, C.; Belskii, E.; Eeva, T.; Laaksonen, T.; Mägi, M.; Mändi, R.; Qvarnström, A.; Slagsvold, T.; Veen, T.; Visser, M.E.; Wiebe, K.L.; Wiley, C.; Wright, J. & Both, C. 2012. Climate change, breeding date and nestling diet: how temperature differentially affects seasonal changes in pied flycatcher diet depending on habitat variation. *Journal of Animal Ecology* 81:926-936.

Cabrera, A.L. & Willink, A. 1980. *Biogeografia da America Latina*. 2ªed. Washington,DC:OEA.

Cain, S.A. 1951. *Fundamentos de fitogeografia*. Buenos Aires: Acme, 659p.

Cavalcanti, R.B. 1999. Bird species richness and conservation in the cerrado region of central Brazil. *Studies in Avian Biology* 19: 244-249.

Cavalcanti, R.B. & Joly, C.A. Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region. *The Cerrados of Brazil. Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*.p.351-367.

Cole, M.M. 1986. *The savannas: biogeography and geobotany*. London: Academic Press. 438p.

Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*.1:17-23.

Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta bot.bras.* 20(1): 13-23.

Durigan, G.,Franco, G.A.D.C., & Siqueira, M.F. 2004. A vegetação dos remanescentes de cerrado no estado de São Paulo. *In: Bittencourt, M.D. & R.R. Mendonça. Viabilidade de Conservação dos Remanescentes de Cerrado no Estado de São Paulo.* São Paulo: Annablume, Fapesp.

Eiten, G. 1968. *Vegetation forms (a classification of stands of vegetation based on structure, growth form of the component, and vegetative periodicity).* São Paulo: Instituto de Botânica, Boletim 4.88p.

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

EMBRAPA- 2015. Disponível em: www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/
Acesso em: 15/07/2015

Ferreira, M.E.; Ferreira Jr., L.G.; Ferreira, N.C.; Rocha, G.F. & Nemayer, M. 2007. Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS-MOD13Q1. *In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.* Florianópolis, Brasil. São José dos Campos:INPE.p.3877-3883.

Field, C.B. (ed.) 2014. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Freitas, M.S. 2014. *Biologia reprodutiva, seleção de sítios de nidificação e sucesso reprodutivo em aves campestres de cerrado na Estação Ecológica de Itirapina.* Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Furley, P.A. & Ratter, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the Central Brazilian Cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15(1):97-108.

Furley,P.A. & Metcalfe, S.E. 2007. Dynamic changes in savanna and seasonally dry vegetation through time. *Progress in Physical Geography* 31(6): 33.

Gaston, K.J. 2013. *The structure and dynamics of geographic ranges.* Oxford University Press. Oxford, United Kingdom.

Goodland, R.A. & Pollard, R. 1973. The Brazilian Cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 61:219-224.

Granzinolli, M.A.M. 2009. *Levantamento, área de vida, uso e seleção de hábitat de Falconiformes na região central do Estado de São Paulo.* Tese (Doutorado em Ciências: área Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Janzen, D.H. & Martin, P.S. 1982. Neotropical anachronisms: the fruits the gomphotheres ate. *Science* 215:19-27.

Keddy, P.A. 2000. Wetland ecology: principles and conservation. Cambridge: Cambridge University Press. 614p.

Kingsolver, J.G. 1983. Thermoregulation and flight in colias butterflies: elevational patterns and mechanistic limitations. *Ecology* 64(3): 534-545.

Kingsolver, J.G. 1989. Weather and the population dynamics of insects: integrating physiological and population ecology. *Physiological Zoology* 62(2):314-334.

Kitaysky, A.S. & Golubova, E.G. 2000. Climate changes causes contrasting trends in reproductive performance of planktivorous and piscivorous alcids. *J. Anim. Ecol.* 69:248-262.

Klink, C.A.; Moreira, A.G. & Solbrig, O.T. 1993. Ecological impact of agricultural development in the cerrados. *In*: Young, M.D.; Solbrig, O.T. (eds.) *The world's savannas: economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use*. Paris: Unesco, Parthenon.

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

Klink, C.A.; Santos, H.G.; Campari Jr., J.S.; Matsumoto, M.H., Freitas, G.K. & Baumgarten, L. 2008. Conservação dos recursos naturais em terras privadas: os papel das reservas legais no arranjo funcional das paisagens produtivas do bioma Cerrado. *In*: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F.(eds.) *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília:Embrapa.p.399-406.

Lopes, A.S. & Cox, F.R. 1977. A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. *Soil Science Society of America Journal* 41(4): 742-747.

Lovejoy, T.E. & Hannah, L. 2005. *Climate change and biodiversity*. Yale University Press, New Haven CT.

Machado, R.B., Ramos Neto, M.B., Harris, M.B., Lourival, R., & Aguiar, L.M.S. 2004. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. *In*: *Annais IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Fundação o Botocário de Proteção à Natureza*, Curitiba, Brasil. . p. 29-38

Malcom, J.R.; Liu, C.; Neilson, R.P.; Hansen, L. & Hannah, L. 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20:538-548.

Marini, M.A. & Garcia, F.I. 2005. Conservação de aves no Brasil. *Megadiversidade* 1(1): 95-102.

Marini, M.A.; Barbet-Massin, M.; Lopes, L.E. & Jiguet, F. 2009. Predicted climate-driven bird distribution changes and forecasted conservation conflicts in a neotropical savanna. *Conservation Biology* 23(6): 1558-1567.

Martin, P. & Klein, R. 1984. *Quaternary extinctions: a prehistoric revolution*. Tucson: University of Arizona Press.

Mendonça, R.R. 2004. Caracterização dos pedidos de supressão da vegetação de cerrado no Estado de São Paulo. *In*: Bittencourt, M.D. & R.R. Mendonça. *Viabilidade de Conservação dos Remanescentes de Cerrado no Estado de São Paulo*. São Paulo: Annablume, Fapesp.

Mistry, J. 2000. *World savannas: ecology and human use*. Harlow: Prentice-Hall. 344p.

Mittermeier, R.A.N.; Myers, P.; Robles Gil, P. & Mittermeier, C.G. 1999. *Hotspots: earth biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Agrupación Sierra Madre: Cemex.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2008. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em 15 de julho de 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2015. Disponível em: www.mma.gov.br/biomas/cerrado. Acesso: 15/07/2015.

Motta-Júnior, J.C., Granzinolli, M.A. & Develey, P.F. 2008. Aves da Estação Ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 8(3): 206-227.

Murphy, M.T. 1987. The impact of weather on kingbird foraging behavior. *The Condor* 89:721-730.

Newton, I. 2003. *The speciation and biogeography of birds*. Academic Press, London.

Nimer, E. 1989. A circulação atmosférica e as condições de tempo como fundamento para a compreensão do clima. *In*: IBGE. Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste. Rio de Janeiro, v.1, p.23-34.

Oliveira, P.E. 2000. Esfriamento glacial e expansão de florestas úmidas e frias no último máximo glacial da Amazônia. *In*: Cavalcanti, T.B. & Walter, B.M.T.(eds.) Tópicos atuais em botânica: palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: Sociedade Botânica do Brasil. p.396-398.

Pacheco, J.F. & Olmos, F. 2010. As aves do Tocantins, Brasil-2: Jalapão. *Revista Brasileira de Ornitologia* 18(1): 1-18.

Pennington, T.; Gwilyn, P.L. & Ratter, J.A. 2006. Neotropical savannas and dry forests: diversity, biogeography and conservation. Boca Raton: Taylor & Francis.p.31-66.

Pivello, V.R. 2005. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia. Info.* 33.

Prance, G.T. 1973. Phytogeographic support for the theory of Pleistocene forest refuges in the Amazon basin, based on evidence from distribution patterns in Caryocaraceae, Dichapetalaceae and Lecythidaceae. *Acta Amazonica* 3:5-29.

Preston, K.L.; Rotenberry, J.T.; Redak, R.A. & Allen, M.F.2008. Habitat shifts of endangered species under altered climate conditions: importance of biotic interactions. *Global Change Biology* 14(11): 2501-2515.

Ratter, J.A.; Pott, A.; Pott, V.J.; Cunha, C.N. & Haridasan, M. 1988. Observations on woody vegetation types in the Pantanal and at Corumbá, Brazil. *Notes of the Royal Botanic Garden Endinburgh* 45: 503-525.

Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. 1997. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230.

Ribeiro, J.F.& Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F.(eds.) Cerrado: ecologia e flora.*Brasília:Embrapa, 153-212.

Rizzini, C.T. 1997. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos.* Âmbito Cultural.

Rodrigues, M.T. 2005. A biodiversidade dos Cerrados: conhecimento atual e perspectivas, com uma hipótese sobre o papel das matas de galerias na troca faunística durante ciclos climáticos. *In: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C. & Felfili, J.M.(orgs.) Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação.* Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF.

Rosseti, D.F. & Toledo, P.M. 2007. Environmental changes in Amazonia as evidenced by geological and paleontological data. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15:175-188.

Scariot, A.; Souza-Silva, J.C. & J.M. Felfili 2005. *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação.* Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

Sick, H.1997. *Ornitologia brasileira.* Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

Silva, F.A.M.; Assad, E.D. & Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do Bioma Cerrado. *In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F.(eds.) Cerrado: ecologia e flora.*Brasília:Embrapa, 71-88.

Silva, J.M.C. 1995. Avian inventory of the cerrado region, South America: implications for biological conservation. *Bird Conservation International* 5:291-304.a.

Silva, J.M.C. 1995. Bird of the cerrado region, South America. *Steenstrupia* 21:69-92.

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*: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C.; Felfili, J.M. (orgs). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

Silva, N.A.P.; Frizzas, M.A. & Oliveira, C.M. 2011. Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(1): 79-87.

Silveira, L.F., Benedicto, G.A., Schunck, F. & Sugieda, A.M. 2009. Aves. *In*: Bressan, P.M., Kierulff, M.C.M. & Sugieda, A.M.(orgs). Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente.

Stotz, D.F.; Fitzpatrick, J.W.; Parker III, T.A. & Moskovits, D.K. 1996. *Neotropical birds: ecology and conservation*. Chicago: University of Chicago Press.

Taylor, L.R. 1963. Analysis of the effect of temperature on insects in flight. *Journal of Animal Ecology* 32: 99-117.

Tubelis, D.P. & Cavalcanti, R.B. 2000. A comparison of BIRD communities in natural and disturbed non-wetland open habitats in the Cerrado's central region, Brazil. *Bird Conservation International* 10: 331-350.

Vanzolini, P.E. 1963. Problemas faunísticos do Cerrado. *In*: Ferri, M.G. (ed.) Simpósio sobre o Cerrado. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.p.267-280.

Walter, H. 1986. Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global. São Paulo: Pedagógica e Universitária. 326p.

Walter, B.M.T.; Carvalho, A.M. & Ribeiro, J.F. 2008. O conceito de savana e de seu componente Cerrado. *In*: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F.(eds.) *Cerrado: ecologia e flora*.Brasília:Embrapa, 21-45.

Watt, W.B. 1968. Adaptative significance of pigment polymorphism in *Colias* butterflies. I. Variation of melanin pigment in relation to thermoregulation. *Evolution* 22:437-458.

Watt, W.B. 1969. Adaptive significance of pigment polymorphism in *Colias* butterflies. II. Thermoregulation and photoperiodically controlled melanin variation in *Colias eurytheme*. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 63: 767-774.

Whittaker, R.H. 1975. *Communities and ecosystems*. New York: MacMillan Publishing. 385p.

Whittaker, R.H. 1977. *Classification of natural communities*. New York: Arno Press. 239p.

Wiebe, K.L. & Gow, E.A. 2013. Choice of foraging habitat by northern flickers reflects changes in availability of their ant prey linked to ambient temperature. *Ecoscience* 20(2):122-130.

Willians, C.B. & Osman, M.F.H. 1960. A new approach to the problem of the optimum temperature for insect activity. *J. Anim. Ecol.* 29:187-190.

Willians, C.B. 1961. Studies in the effect of weather conditions on the activity and abundance of insect populations. *Phil. Trans. B.* 244:331-378.

Capítulo 5

Considerações finais

5. Considerações finais

A dinâmica temporal dos ambientes em que as espécies evoluíram atua como agente de pressão seletiva e diversos ajustes fisiológicos, comportamentais e ecológicos são desenvolvidos. Algumas espécies respondem às alterações na disponibilidade de presas de um determinado habitat com comportamento migratório, enquanto outras permanecem no mesmo ambiente e alternam entre comportamentos distintos de acordo com a condição ambiental. Estudamos aqui os comportamentos de forrageamento de quatro espécies de aves pertencentes à família Tyrannidae e suas relações com aspectos sazonais do Cerrado e também com flutuações climáticas que acontecem em menores escalas temporais. Os estudos seminais de Fitzpatrick (1980, 1981, 1985) foram norteadores deste trabalho e nosso objetivo foi estender as observações realizadas com algumas espécies estudadas por ele para a estação chuvosa e assim proporcionar maiores detalhes sobre o comportamento de forrageamento destas espécies em diferentes condições climáticas.

Os prognósticos para mudanças climáticas nos próximos cem anos (Field, 2014-IPCC) fazem com que exista necessidade de maiores investigações sobre as relações entre clima e comportamento alimentar em diferentes domínios morfoclimáticos. O Cerrado vem sofrendo com forte pressão antrópica e continua perdendo paisagens naturais em ritmo muito acelerado, portanto estudos que avaliem o comportamento de diferentes espécies que habitam estas regiões são urgentes para que possamos estabelecer medidas de conservação com respaldo científico. Noss (1996) chama a atenção para a redução das pesquisas realizadas em campo nos últimos anos e argumenta que nossas ferramentas tecnológicas, apesar de bastante úteis e cada vez mais sofisticadas, não funcionam na ausência de uma base sólida de conhecimentos sobre história natural. O autor ressalta que este conhecimento só é adquirido com longos períodos de pesquisa em campo que podem fazer com que a ciência da conservação seja de fato efetiva. Desta forma, estudos sobre espécies em seus habitats naturais contribuem com informações relevantes que podem ser utilizadas em protocolos experimentais

e subsidiar modelagens e seus prognósticos (Noos, 1996; Tewksbury *et al.*, 2014).

De acordo com Buchholz (2007) existe forte necessidade de compreendermos como os mecanismos de ontogenia, diversidade adaptativa e filogenética do comportamento animal responderão às mudanças climáticas devido ao aquecimento global. É preciso que conservacionistas comportamentais dediquem tempo para a elaboração de literatura sobre respostas comportamentais às rápidas mudanças climáticas. Em nosso estudo encontramos forte influência da temperatura ambiente nos comportamentos de forrageamento das espécies de aves estudadas, diferentes características de plasticidade entre as espécies e influências dos habitats por elas utilizados nas respostas comportamentais. Assim, pretendemos contribuir com informações que auxiliem nos prognósticos para estas espécies diante das previstas mudanças na temperatura ambiente do Cerrado e possam embasar propostas de proteção aos campos nativos (habitat das espécies estudadas) no estado de São Paulo. Nossos dados suportam as previsões de que em um futuro com aumento de temperatura ambiente estas espécies provavelmente precisarão buscar habitats com condições climáticas mais favoráveis, provavelmente na região sudeste.

De acordo com Caro & Sherman (2011), a ecologia comportamental pode sofrer um impacto muito grande nas próximas décadas devido à intensificação da perda de espécies. Os autores sugerem que profissionais desta área dediquem cada vez mais tempo para pesquisas com objetivos conservacionistas, além de se familiarizarem com medidas que favoreçam diálogos com a sociedade e atuem em políticas locais que possam auxiliar na manutenção de áreas que devem ser protegidas. O diálogo entre ciência e sociedade é uma das poucas alternativas para a conservação das espécies, e, conseqüentemente, da sobrevivência da ecologia comportamental.

5.1. Referências Bibliográficas

Buchholz, R. 2007. Behavioural biology: na effective and relevant conservation tool. *Trends in Ecology and Evolution* 22(8): 401-407.

Caro, T. & Sherman, P.W. 2011. Endangered species and a threatened discipline: behavioural ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 26(3):111-118.

Field, C.B. (ed.) 2014. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Fitzpatrick, J.W. 1980. Foraging behavior of neotropical tyrant flycatchers. *Condor* 82:43-57.

Fitzpatrick, J.W. 1981. Search strategies of tyrant flycatchers. *Anim. Behav.* 29:810-821.

Fitzpatrick, J.W. 1985. Form, foraging behavior, and adaptive radiation in the tyrannidae. *Ornithological Monographs* 36: 447-470.

Noss, R.F. 1996. The naturalist are dying off. *Conservation Biology* 10(1):1-3.

Tewksbury, J.J.; Anderson, J.G.; Bakker, J.D.; Billo, T.J.; Dunwiddie, P.W.; Groom, M.J.; Hampton, S.E.; Herman, S.G, Levey, D.J.; Machnicki, N.J.; Del Rio, C.M.; Power, M.E.; Rowell, K.; Salomon, A.K.; Stacey, L.; Trombulak, S.C. & Wheeler, T.A. 2014. Natural History's place in science and society. *Bioscience* 64(4): 300-310.