

Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**VARIAÇÕES CLIMÁTICAS QUE AFETAM OS PARÂMETROS
REPRODUTIVOS DE *NEOTHRAUPIS FASCIATA* (THRAUPIDAE)
E PREVISÕES PARA O CONTEXTO DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS**



LUIZA ANGELINI LEAL DOMINGUES

Brasília – DF

2012

Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**VARIAÇÕES CLIMÁTICAS QUE AFETAM OS PARÂMETROS
REPRODUTIVOS DE *NEOTHRAUPIS FASCIATA* (THRAUPIDAE)
E PREVISÕES PARA O CONTEXTO DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ecologia, do Instituto de Ciências
Biológicas da Universidade de Brasília, como
requisito parcial para a obtenção do título de Mestre
em Ecologia

Orientador: Miguel Ângelo Marini, Ph.D.

Brasília - DF

2012

Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Dissertação de Mestrado

Luiza Angelini Leal Domingues

*Variações climáticas que afetam os parâmetros reprodutivos de Neothraupis fasciata
(Thraupidae) e previsões para o contexto das mudanças climáticas*

Banca examinadora:

Prof. Dr. Miguel Ângelo Marini

Orientador – UnB

Prof. Dr. Charles Duca

Membro Titular – Universidade Vila Velha (UVV)

Prof. Dr. Emerson M. Vieira

Membro Titular - UnB

Agradecimentos

Decidi realizar este trabalho porque sempre fui envolvida com questões sociais e ambientais, acreditando que precisamos conservar a biodiversidade deste planeta e estarmos conscientes das transformações que o homem, em seu “poderismo”, provoca nele. É verdade que o estudo aplicado para a conservação demorou a chegar. Agora estou com seis anos de formada e antes trabalhava com consultoria ambiental, sofrendo por cada centímetro de vegetação que seria/era suprimida nos projetos. Assim, desgostosa com a minha atuação como bióloga no mercado de trabalho, pedia internamente, uma oportunidade para trabalhar com conservação. Com fé que esse dia chegaria, “em um belo dia...”, conversando com a minha amiga Lívia, também bióloga, decidi sustentar a idéia de correr atrás do meu desejo e assim, pensei em possíveis orientadores. Dois para ser honesta. Optei por tentar a orientação com o Miguel Â. Marini. Coincidentemente, estavam abertas as inscrições da UnB e eu tinha menos de um mês para estudar para a prova. Paralelamente, fui convocada para coordenar um projeto complicado que exigiria da minha pessoa horas extras. Ainda assim, não desisti e com muita disciplina e força de vontade, consegui ler todo o Begon em 20 dias. Passei no mestrado e vim morar em Brasília. Como acredito que tudo acontece na hora certa, tive a oportunidade de desenvolver uma linha de pesquisa, na qual tentei em 2008 na Austrália, mas não tive bolsa. O laboratório estava com sete anos de dados e assim achamos que seria interessante e propício desenvolver pesquisa com mudanças (variações) climáticas. Não vou florear, dizendo que foi tudo uma maravilha, inclusive porque logo no início tive uma crise existencial (que mudou a minha vida) e pensei em desistir. Lembro de pelo menos cinco conversas que o Miguel teve comigo, percebendo minha angústia. Agradeço enormemente por essas e outras atitudes como respeito,

espaço, amizade, profissionalismo e retidão que ele teve comigo. Minha enorme gratidão e meus melhores votos para sua vida!

Quanto ao pessoal do laboratório, gostaria de agradecer a todos! Guardo todos em meu coração e valorizo a convivência, amizade, coleguismo, exemplo, consolo, cafezinhos, festinhas e todo o resto que tivemos estes dois anos. Acho que tivemos uma relação harmoniosa e das recordações guardarei sentimentos bons, prazerosos. Acredito ser normal ter maiores convivências com certas pessoas, então assim sendo agradeço especialmente, o Daniel e o André que foram sempre muito solícitos, amigos e gentis. Agradeço o Daniel por todo o suporte na estatística dos dados e ajuda na monitoração dos ninhos. Para todos, meus votos de agradecimento e sucesso!

Agradeço meu pai que apoiou minha vida não somente intelectualmente, mas financeiramente. Além disso, sei como é difícil para ele estar longe dos filhos e vê-los seguindo caminhos tão diferentes entre si. Acredito que muito da minha sede por conhecimento e em ser realizada profissionalmente são advindos de seu exemplo. Minha eterna gratidão e sinto por ti muito amor.

Agradeço minha mãe pelos conselhos nos momentos difíceis. Em grande parte das situações está me apoiando, estimulando minhas aspirações, confiando no meu potencial. Tenho por ti também eterna gratidão e muito amor.

Agradeço ao Ney que também me assistiu de várias formas. Esteve presente e fez parte de momentos importantes, de crescimento e amadurecimento da minha pessoa. Gratidão!

Agradeço a Lucila Souto Mayor, Diretora de Artes, Esporte e Cultura da UnB. Confiou no meu trabalho, trouxe-me ânimo e muitas portas. Grata por tudo!

Agradeço também:

À Secretaria e coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À administração da Estação Ecológica de Águas Emendadas pela permissão para a realização das pesquisas.

À Embrapa Cerrados, por meio do Fernando Macena, que concedeu a base de dados climáticos.

À todos os financiadores do Projeto de longa duração do Laboratório de Ecologia e Conservação de Aves da UnB – CNPq, FAP-DF, Fundação do Programa de Incentivo à Conservação da Natureza da Fundação o Boticário de Proteção à Natureza e apoiado pela Pequi – Pesquisa e Conservação do Cerrado, possibilitando a coleta de dados durante os oito anos de estudo.

À todos os pesquisadores do laboratório que desde 2002 vem coletando os dados, cada qual com seu projeto de mestrado e doutorado.

Ao Dr. Charles Duca por ter cedido às fotos e artigos do *Neothraupis fasciata*. A Dra. Luciana Paiva por ter cedido sua base de dados climáticos da ESECAE.

Ao Dr. Charles Duca e o Dr. Jader por terem aceitado a participar da banca avaliadora desta dissertação.

A todos os colegas, amigos, alunos, familiares (em especial meus irmãos) e pessoas não citadas que contribuíram de alguma forma, para este momento acontecer. Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUÇÃO GERAL	1
MÉTODOS	
<i>Área de estudo</i>	6
<i>Clima da área de estudo</i>	8
<i>Espécie de estudo</i>	10
<i>Monitoração de ninhos</i>	11
<i>Dados climáticos</i>	12
<i>Coleta de dados reprodutivos</i>	13
<i>Análises estatísticas</i>	16
RESULTADOS	21
DISCUSSÃO	28
PREVISÕES PARA O CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	36
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
APÊNDICE	57

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Estação Ecológica de Águas Emendadas (em verde escuro), com o local de estudo em destaque (em branco), e da sua localização no Distrito Federal (em verde claro). Fonte: Renata França.

Figura 2. Mapa da área de estudo (grade) localizada na ESECAE –DF (100 ha) com os respectivos tipos fitosionômicos.

Figura 3. Macho adulto (esquerda) e jovem (direita) de *Neothraupis fasciata*. Fotos: Charles Duca.

Figura 4. Diagrama ilustrativo do tempo de duração dos ninhos de *Neothraupis fasciata*.

ÍNDICES DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros reprodutivos de *Neothraupis fasciata* no Planalto Central, Distrito Federal, 2003-2010.

Tabela 2. Correlações entre os parâmetros reprodutivos de *Neothraupis fasciata* e variáveis climáticas no Planalto Central, Distrito Federal, 2003-2010.

Tabela 3. Modelo linear generalizado (GLM) utilizado para análise da influência das variáveis climáticas nas datas de posturas iniciais dos ninhos de *Neothraupis fasciata*. GLM final, simplificado, função Poisson.

Tabela 4. Modelo linear misto generalizado (GLMM) utilizado para análise da influência das variáveis climáticas no tamanho de ninhada, duração da incubação, período de crescimento de ninhego e número de filhotes sucedidos por ninho de *Neothraupis fasciata*. GLMM final, simplificado, função Poisson, efeito randômico ninho e ano para amostras não independentes.

Tabela 5. Modelo linear misto generalizado (GLMM) utilizado para análise da influência das variáveis climáticas no destino do ninho de *Neothraupis fasciata*. GLMM final, simplificado, função Binomial, efeito randômico ninho e ano para amostras não independentes.

Tabela 6. Resultados da seleção de modelos para a sobrevivência de ninhos de *Neothraupis fasciata*, feita em duas etapas. A primeira incluiu variáveis temporais e a segunda, os melhores modelos do primeiro ($\Delta AICc \leq 2$) combinados com as cinco variáveis climáticas e a idade.

Tabela 7. Importância relativa, estimativas de β e seus intervalos de confiança das variáveis idade, Tmx7d, Tmi7d, Ppc7d, Ppc90d, presentes nos modelos de sobrevivência de ninhos de *Neothraupis fasciata*.

RESUMO

A maioria da literatura ornitológica sobre variações e/ou mudanças climáticas foi realizada com aves de regiões temperadas, de modo que o entendimento sobre os impactos provocados pelas mudanças climáticas em aves tropicais é pequeno e baseado em padrões de respostas das aves das regiões temperadas. De acordo com as tendências gerais, tem sido hipotetizado que muitas espécies de aves antecipam sua data de postura em resposta ao aumento da temperatura no período anterior a sua reprodução. Este trabalho buscou verificar se este padrão ocorre para uma espécie de ave da região tropical. Pela revisão de literatura este é o primeiro trabalho, de longo prazo, que associa variações climáticas com fenologia e outros parâmetros reprodutivos de uma ave residente neotropical. Este trabalho objetivou determinar os fatores climáticos locais que apresentam relações diretas e indiretas com os parâmetros reprodutivos do *Neothraupis fasciata* e prever como estas variações afetam a aptidão individual da espécie, no contexto das mudanças climáticas. A monitoração dos ninhos foi realizada durante os anos de 2003-2010. Os parâmetros reprodutivos, data de postura, tamanho de ninhada, duração da incubação, período de desenvolvimento dos ninhos, destino do ninho, probabilidade de sobrevivência diária dos ninhos e número de filhotes sucedidos (produtividade) foram relacionados com a temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação acumulada dos 7 dias anteriores à postura de cada ninho, e temperatura máxima e precipitação acumulada dos 90 dias anteriores à postura de cada ninho. Para tal foram aplicados modelos lineares do tipo GLM e GLMM, e para o cálculo da sobrevivência diária dos ninhos (TSD) utilizou-se o programa MARK. O aumento da Tmx90d foi relacionado com o adiamento na data de postura. O tamanho de ninhada esteve associado negativamente com a data de postura, de modo que um adiamento na

data de postura causaria uma redução do tamanho de ninhada. O sucesso reprodutivo foi relacionado indiretamente com as variáveis climáticas e idade, porém não apresentou suporte pelos modelos. A previsão negativa e as respostas inversas aos padrões gerais das aves das regiões temperadas que o aumento de temperatura global provocará nos parâmetros reprodutivos da espécie sugerem maiores estudos, monitoração e planos de manejo com as aves tropicais.

ABSTRACT

Tropical birds are more vulnerable to climate change due to lack of basic knowledge and studies on their responses to climatic variations. Most work was carried out with temperate birds, meaning that our understanding of climate change impacts on tropical birds is poor and based on the pattern of temperate birds. Based on the general trends it has been hypothesized that many bird species start laying their eggs earlier in response to increasing spring temperatures. We explored if this pattern is the same for *Neothraupis fasciata* a tropical tanager. We studied the local climatic factors that have direct and indirect relations with the breeding parameters of this South American endemic bird and predict how the climatic variations affect its fitness. The study was conducted during the years 2003-2010. We used GLM and GLMM to analyze whether the laying date, clutch size, incubation time, nestling development time, nest survival, and productivity were related to maximum temperature (Tmx7d), minimum temperature (Tmi7d) and accumulated precipitation (Ppc7d) of the previous 7 days of each nest, and maximum temperature (Tmx90d) and accumulated precipitation (Ppc90d) 90 days earlier each nest. To analyze whether the reproductive success (TSD) was related to those five climatic variables we used MARK. The increase of maximum temperature 90 days prior to each nest was related to the delay of laying date. The clutch size was

negatively associated with laying date, so that a delay in laying date would cause a reduction in clutch size. The TSD was indirectly associated with climatic variables and age, although it was not supported by the models. To our knowledge, this is the first, long-term study where several breeding parameters were related to climatic variables in a resident neotropical bird. The study highlights the importance of major researches in tropical bird's responses to climate change.

**VARIAÇÕES CLIMÁTICAS QUE AFETAM OS PARÂMETROS
REPRODUTIVOS DE *NEOTHRAUPIS FASCIATA* (THRAUPIDAE) E
PREVISÕES PARA O CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

INTRODUÇÃO

Os efeitos do clima sobre as aves vêm sendo alvo de pesquisas há mais de 50 anos (Skutch 1950, Lack 1968). Sabe-se que o clima não somente afeta as taxas metabólicas das aves, mas também provoca respostas diretas e indiretas no comportamento deste grupo (Crick 2004, Saether et al. 2004). Para muitas espécies de aves existe um curto período do ano em que as condições ambientais para reprodução estão mais favoráveis. Neste período os custos fisiológicos e reprodutivos são altos e as decisões de iniciar a reprodução implicam em grandes conseqüências para suas histórias de vida (Lack 1968). Visando maximizar a aptidão individual, indivíduos devem decidir o melhor momento para iniciar e finalizar sua reprodução (Hau et al. 2008). As decisões sobre as atividades reprodutivas em aves podem ser influenciadas por fatores endógenos, controlados por ritmos anuais internos (Gwinner 2003, Styrsky et al. 2004), ou por fatores ambientais que podem ser percebidos pelos indivíduos na forma de sinais de longo prazo e/ou de curto prazo (Visser et al. 1998, Coppack 2007, Thomas et al. 2010).

Os sinais de longo prazo são variações ambientais (e.g. fotoperíodo) que servem como indicadores da aproximação de condições ambientais favoráveis à reprodução (Coppack et al. 2003). Em geral, estes sinais estimulam o eixo hipotalâmico-pituitário-gonadal que prepara o sistema reprodutivo das aves para o início da postura de ovos. Por outro lado, os sinais de curto prazo são alterações em condições ambientais, como precipitação, temperatura, risco de predação ou disponibilidade de alimento (Hussell

2003, Both & Visser 2005) que estimulam respostas imediatas dos indivíduos e servem para a realização de um ajuste fino na data de início e de fim da reprodução (Stutchbury & Morton 2001, Moore et al. 2006). Esse ajuste fino possibilita às espécies apresentarem maior flexibilidade na escolha do momento certo para se reproduzirem (Caro et al. 2009).

O estudo da fenologia consiste em pesquisar os eventos biológicos recorrentes e sua associação com os fatores climáticos (Wilson & Thompson 1982). A hipótese do clima prediz que as aves devem evitar reproduzir durante períodos mais severos de clima (frios intensos, fortes chuvas, seca extrema, entre outros). Isto porque estes períodos podem aumentar os custos fisiológicos da reprodução por meio da redução do tempo de forrageamento (Foster 1974) e do aumento do tempo de incubação (Tye 1991), podendo também reduzir o sucesso reprodutivo das aves (Morrison et al. 2009). Essa e outras hipóteses evidenciam que as aves devem escolher o melhor momento para se reproduzirem em função de variáveis climáticas (Skutch 1950, Tye 1991, Hussell 2003, Leitner et al. 2003, Both & Visser 2005). Fatores como a temperatura, precipitação, e fenologia da vegetação são elencados como determinantes na decisão de início da reprodução para algumas espécies de aves (Bourgault et al. 2006, Morrison et al. 2009, Carrillo & González-Dávila 2010). As fêmeas percebem os sinais ambientais locais acelerando ou retardando a produção de ovos, de modo a ajustar a data de postura e eclosão de ovos com o pico de abundância de alimento para nutrir os filhotes (Thomas et al. 2010).

A plasticidade fenotípica modulando o período reprodutivo em função de variações climáticas é registrada para algumas espécies que são capazes de responder as variações climáticas anuais (Crick 2004). Contudo, resultados de pesquisas têm

evidenciado que as aves estão sofrendo alterações em seus padrões fenológicos (Dunn & Winkler 1999, Visser 2008) e demográficos (Crick 2004) devido ao aumento da temperatura global e outras alterações no clima no contexto das mudanças climáticas (Dunn & Winkler 2010). De modo geral, as espécies podem desenvolver as seguintes respostas às mudanças climáticas: dispersão, aclimatação, adaptação ou extirpação (Lovejoy & Hannah 2005, Charmantier et al. 2008). Na dispersão, a espécie migra da área de origem e coloniza áreas que se tornem favoráveis a sua persistência. Pela aclimatação, a espécie possui uma plasticidade fenotípica que permite sua permanência no local. Na adaptação, a espécie é capaz de se adaptar aos novos ambientes. Entretanto, caso a espécie não apresente habilidade para dispersão, rápida adaptação, ou aclimatação, sua probabilidade de extinção local ou extirpação será alta (Lovejoy & Hannah 2005).

Tendências gerais têm demonstrado para aves das regiões temperadas, um avanço na chegada de espécies migrantes em seus territórios reprodutivos, bem como um atraso na saída, levando a um aumento na duração do período reprodutivo com o aumento da temperatura global (Hüppop & Hüppop 2003, Crick 2004). Estudos de longo prazo (20-50 anos) verificaram um avanço na data da postura em mais de 20 espécies, que em análises subsequentes, também estava relacionado com o aumento de temperatura ao longo dos anos (Crick et al. 1997, Crick & Sparks 1999). Outros exemplos indicam que a média da data de postura de *Tachycineta bicolor* (Hirundinidae) avançou nove dias (Dunn & Winkler 1999) e 11-12 dias para *Cyanistes caeruleus* (Paridae) e *Parus major* (Paridae) (Matthysen et al. 2011). Embora a temperatura tenha se revelado como o fator que mais afeta a variação no *timing* reprodutivo das espécies (Visser et al. 2009, Thomas et al. 2010), a precipitação tem

sido o fator determinante para o avanço da data de postura para poucas aves das regiões temperadas (Morisson et al. 2009, Carrilo & González-Dávilla 2010).

Os efeitos das variações climáticas sobre os parâmetros demográficos da reprodução, como tamanho de ninhada, sucesso reprodutivo e sobrevivência de filhotes, têm sido menos evidentes (Crick 2004). O aumento na temperatura tem provocado o aumento do tamanho de ninhada (Matthysen et al. 2011), embora o avanço da postura também possa ter uma relação causal com o aumento da quantidade de ovos (Winkel & Hudde 1997). Contudo, para algumas espécies esse efeito aditivo no tamanho da ninhada, seja pelo aumento de temperatura ou avanço da data de postura, não tem sido verificado (Sanz 2002, Winkler et al. 2002).

Para o sucesso reprodutivo, o clima atua de forma indireta, uma vez que a abundância de presas e o pico de recursos alimentares estão diretamente relacionados com as variações climáticas (Kitaysky & Golubova 2000, Thompson & Ollason 2001). O sucesso reprodutivo dessas espécies estudadas depende da densidade de presas que também oscila segundo as variações climáticas. Todavia, estudos recentes verificaram um menor sucesso reprodutivo causado pelo aumento de precipitação nos meses em que o ninhego está sendo alimentado, bem como devido a eventos extremos de chuva (Mattsson & Cooper 2009, Morrison et al. 2009, Arlettaz et al. 2010). Pesquisas sobre as oscilações da corrente Norte Atlântica (NAO) suportam uma tendência linear negativa de eventos extremos e menor sucesso reprodutivo de aves (Sanz 2002, Sanz et al. 2003, Flockhart & Wiebe 2008). Por outro lado, estudos com aves neotropicais confirmam a influência direta do El Niño/ENSO sobre o sucesso reprodutivo, mas indicam respostas variadas que ora favorece, prejudica ou exerce pouca influência na sobrevivência de filhotes (Sillert et al. 2000, Nott et al. 2002, Mazerolle et al. 2011).

Acredita-se que o principal sinal climático percebido pelas aves nos trópicos seja a precipitação (Wunderle 1982, Boag & Grant 1984, Tye 1991, Wikelski et al. 2000, Wikelski et al. 2003). A associação da chegada das chuvas com o início do período reprodutivo tem sido observada para muitas espécies de aves (Aguilar et al. 2000, Robinson et al. 2000a, 2000b, Marini & Durães 2001, Mezquida 2002). Para a espécie estudada, *Neothraupis fasciata*, esta associação também foi observada por Alves & Cavalcanti (1990) e Duca & Marini (2011). Dados de quatro estações reprodutivas revelaram um atraso de 30 dias na data de postura para o ano de 2004 devido a um atraso do início das chuvas neste ano em relação aos outros três anos de estudo (Duca & Marini 2011).

A espécie *N. fasciata* (tiê-do-cerrado) é residente e vem sendo estudada desde 2002 em uma área de 100 hectares de Cerrado *sensu stricto* (Ribeiro & Walter 1998) da Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE). Sua biologia, sucesso reprodutivo, territorialidade, distribuição espacial, certos aspectos demográficos, análise de viabilidade de população (PVA) e a influência dos recursos alimentares sobre sua reprodução foram pesquisados por Duca et al. (2009), Duca & Marini (2011), Manica & Marini (2012), Pereira (2011) e Gressler (2012). A espécie pode ser considerada quase endêmica do Cerrado (Lopes 2008) e sua condição de próximo de ameaçada (IUCN 2008) a torna interessante para estudos de conservação. Pela análise de viabilidade da população foi encontrado em *N. fasciata* da ESECAE uma taxa de crescimento estocástico negativo em todos os cenários, mostrando uma tendência de declínio da população. Embora a probabilidade de extinção tenha sido baixa para essa população, a mesma se torna alta em cenários de estação seca prolongada e diminuição do tamanho da ninhada (Duca et al. 2009). Por outro lado, pela análise dos recursos alimentares a espécie apresenta plasticidade fenotípica, pois para os anos de 2009 e 2010 a espécie foi

capaz de sincronizar sua reprodução de acordo com a duração da estação e a disponibilidade de alimento no ambiente (Pereira 2011).

Estudos sobre mudanças e/ou variações climáticas na região tropical, em especial para espécies residentes são altamente recomendados (Sekercioglu et al 2012). Há uma concentração desequilibrada de pesquisas e estudos de longo prazo com espécies da zona temperada (Rosenzweig et al. 2008), significando que grande parte do nosso entendimento sobre os impactos das mudanças climáticas em aves é baseado nestes trabalhos do Hemisfério Norte. Este trabalho objetivou (1) determinar os fatores (ou variações) climáticos locais que apresentam relações diretas e indiretas com os parâmetros reprodutivos de *N. fasciata*: data de postura, tamanho de ninhada, duração da incubação, período de desenvolvimento dos ninhegos, destino do ninho, probabilidade de sobrevivência diária dos ninhos e número de filhotes sucedidos; (2) prever diante do contexto das mudanças climáticas, os efeitos que estas variações climáticas provocam na aptidão individual da espécie; (3) verificar a hipótese de que as respostas das aves de regiões tropicais frente às variações climáticas são semelhantes às das aves de regiões temperadas.

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE) (15°29' - 15°36' S e 47°31' - 47°41'W), Distrito Federal. A ESECAE consiste em uma das mais importantes unidades de conservação no Brasil Central (Figura 1), possuindo uma área de 10.547 ha de Cerrado composto por cerrado típico, cerrado ralo, campos sujo e limpo, matas de galeria alagáveis e veredas (Silva Jr. & Felfili 1996).

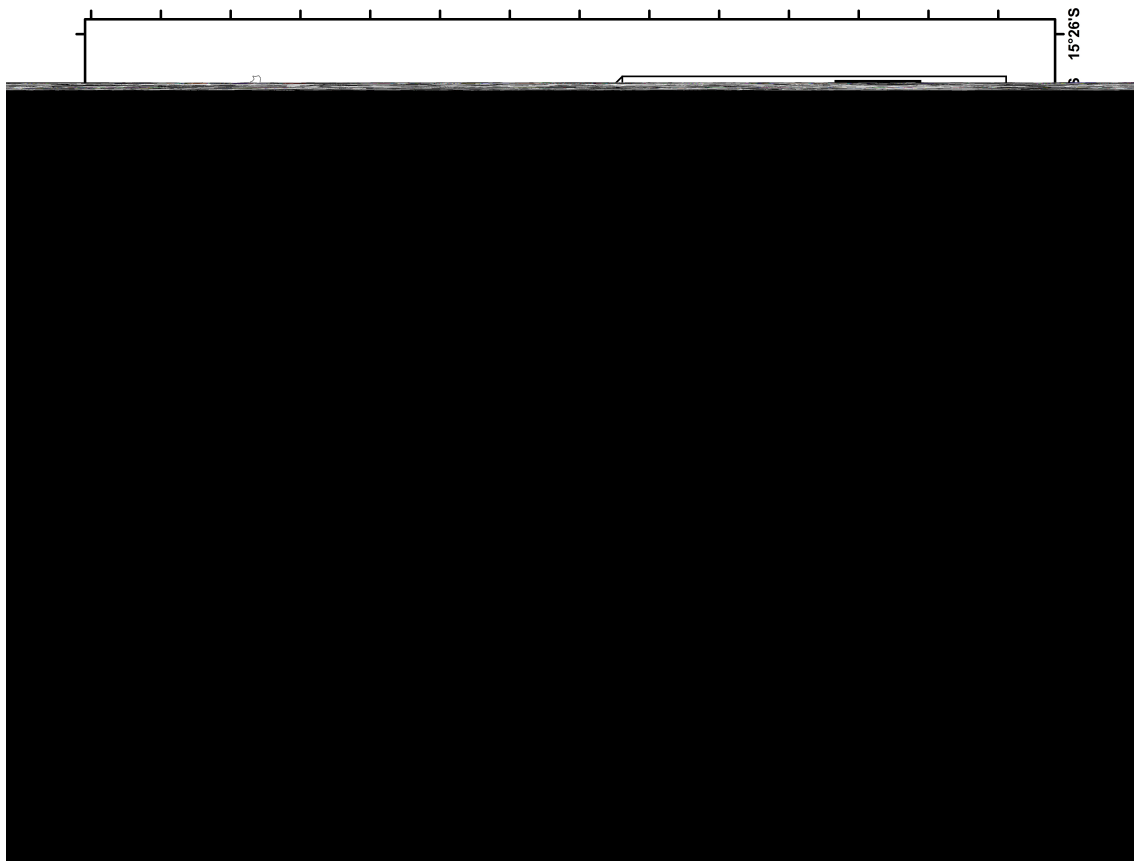


Figura 1. Mapa de localização da Estação Ecológica de Águas Emendadas (em cinza escuro), com o local de estudo em destaque (em branco), e da sua localização no Distrito Federal (em destaque) e no domínio do Cerrado (em cinza claro). Fonte: Renata Françoso.

Na porção noroeste da ESECAB, foi delimitada uma área de 100 ha (1 km x 1 km), denominada grade (Figura 2). A grade está disposta em um mosaico vegetacional contendo a maioria das fitofisionomias do Cerrado *sensu stricto* (Ribeiro & Walter 1998). São elas, campo limpo (com 7,7% da área total), campo sujo (5,7%), parque cerrado (4,0%), cerrado ralo (29,6%), cerrado típico (51,7%) e cerrado denso (0,3%).

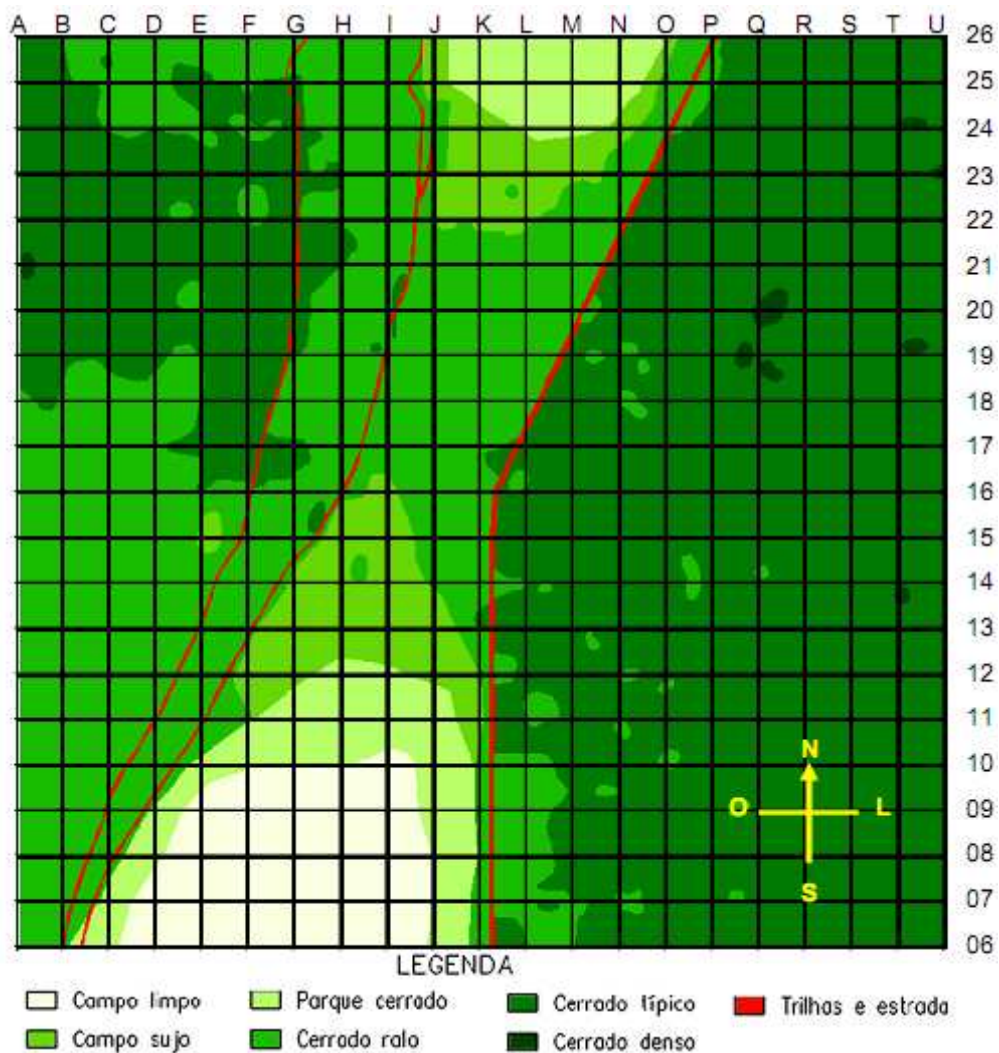


Figura 2. Mapa da área de estudo (grade) localizada na ESECAE –DF (100 ha) com os respectivos tipos fitosionômicos.

CLIMA DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo a classificação de Strahler (1986), que considera a circulação das massas de ar e os sistemas produtores de tempo como os fatores mais importantes para a caracterização climática, o clima do Cerrado é Tropical. Em sua maior extensão, o clima no Domínio do Cerrado é o Tropical sazonal, de inverno seco. Em sua porção austral, o Cerrado possui médias mensais de temperatura e precipitação menores que vão gradualmente aumentando à medida que se atinge a região meridional.

A temperatura média anual do Cerrado fica em torno de 23-27°C, sendo que as médias mensais apresentam pequena estacionalidade (Nimer 1989). Já a temperatura média máxima é entre 24-33°C (Nimer 1989). As temperaturas mínimas mensais variam bastante, atingindo valores próximos ou até abaixo de zero, nos meses de maio, junho e julho (Silva et al. 2008).

Em geral, a precipitação média anual fica entre 1200 e 1800 mm (Nimer 1989). Ao contrário da temperatura, a precipitação média mensal apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de primavera e verão (setembro e outubro a março e abril), que corresponde à estação chuvosa. Curtos períodos de seca, chamados de veranicos, podem ocorrer no meio desta estação. No período de maio a setembro os índices pluviométricos mensais reduzem-se bastante, podendo chegar à zero. Isto resulta em uma estação seca de 3 a 5 meses de duração (Nimer 1989, Silva et al. 2008).

Na região do Distrito Federal, de acordo com Strahler (1986), o clima pode ser enquadrado como Tropical Alternadamente Úmido e Seco, influenciado por massas tropicais, equatoriais e polares. A temperatura média do Distrito Federal varia de 20 a 26°C (Nimer 1989). Durante os meses de setembro a abril as médias permanecem em torno de 21-23°C, enquanto no inverno (junho a agosto) essas médias abaixam para 19°C, em função da latitude, da altitude e da maior participação da massa polar (Steinke 2004). A precipitação média varia entre 1500 e 1750 mm, apresentando dois semestres pluviometricamente distintos: (1) o que envolve o período de abril a setembro, considerado como mais seco, (2) e aquele compreendido entre os meses de outubro a março, que é o período mais chuvoso. Dentro do período mais seco, os meses de julho e agosto são os que apresentam os mais baixos volumes de chuva no Distrito Federal. Já no período mais chuvoso, o mês de maior pluviosidade é dezembro (Steinke 2004).

A estação seca do Distrito Federal pode ser caracterizada por intensa insolação, pouca nebulosidade, forte evaporação, baixos teores de umidade relativa do ar, pluviosidade reduzida e grande amplitude térmica, com máximas mensais elevadas e mínimas mensais reduzidas (Barros 2003). Já na estação úmida, compreendida entre os meses de outubro a abril ocorre o inverso: há uma redução da insolação, aumento da nebulosidade, diminuição da evaporação, aumento da umidade relativa do ar, alta pluviosidade e amplitude térmica moderada. O clima na região da ESECAE é altamente sazonal. O período de chuva compreende os meses de outubro a abril, com precipitação anual de 1500-1750 mm, tendo um inverno seco com meses inteiros sem chuva (Silva et al. 2008).

ESPÉCIE DE ESTUDO

A espécie estudada *Neothraupis fasciata* (tiê-do-cerrado) (Figura 3) é um passeriforme pertencente à família Thraupidae, ocorrendo na região dos cerrados do Brasil Central, leste da Bolívia e nordeste do Paraguai principalmente entre 500 e 1100 metros de altitude (Ridgely & Tudor 1989) e enclaves Amazônicos. É uma espécie generalista quanto à variedade de itens alimentares e táticas de forrageamento (Alves 1991). Seu sistema de acasalamento é monogâmico e cooperativo, com filhotes subadultos permanecendo no território natal. Nidifica em ninhos em forma de tigela, construindo-os em diferentes estratos que variam em altura de 3 a menos de 1 metro do chão (Alves & Cavalcanti 1990, Duca & Marini 2011). Apresentam um tamanho de

ninhada entre 2 a 3 ovos (Alves & Cavalcanti 1990, Duca & Marini 2011).



Figura 3. Macho adulto (esquerda) e jovem (direita) de *Neothraupis fasciata*. Fotos: Charles Duca.

MONITORAÇÃO DOS NINHOS

A monitoração dos ninhos tem sido realizada na área de estudo desde 2002 como parte de um projeto de longa duração do Laboratório de Ecologia e Conservação de Aves da UnB (Marini, dados não publicados). Para o presente estudo foi considerado o monitoramento realizado entre os anos de 2003 a 2010. Em cada ano, a procura de ninhos iniciou-se em agosto, buscando-se evidências do início do período reprodutivo. Para tanto, foram realizadas capturas dos indivíduos por meio de rede-de-neblina, e inspeções em indivíduos adultos por placas de incubação e protuberância cloacal. O comportamento da espécie também foi considerado, verificando-se a existência de indivíduos com material no bico para construção de ninhos, o canto da madrugada, o estado de vigília do macho em um poleiro, o comportamento da fêmea, dentre outros. A procura por ninhos em todos os substratos da vegetação foi igualmente realizada.

Embora a monitoração tenha sido conduzida por diferentes pesquisadores ao longo desses oito anos selecionados, os seguintes dados foram coletados em uma ficha padrão: número do ninho, localização do ninho na grade, data de encontro, atividade do

ninho, data inicial da postura, número de ovos, data de eclosão dos ovos, número de ninhegos, data de saída dos ninhegos ou predação, última data de checagem e destino final do ninho (sucesso, predado, abandonado). Os ninhos encontrados foram monitorados duas vezes por semana, tendo maior frequência de observação (1-2 dias) durante as fases iniciais de postura, eclosão de filhotes e saída dos mesmos, visando maior exatidão das datas de ocorrência destes eventos.

DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos foram coletados pela Estação Climatológica da Embrapa Cerrados que dista 11 km em linha reta da área de estudo (grade) (15°35'30"S e 47°42'30"O). Para análise foram consideradas as seguintes variáveis climáticas: temperatura diária (°C) máxima, mínima, média; umidade relativa do ar diária (%) máxima, mínima, média; precipitação (mm). Pelas diferenças das máximas e mínimas de temperatura e umidade extraiu-se a amplitude da temperatura e da umidade. Para a variável precipitação calculou-se a média acumulada de cada dia.

Tendo o dia da postura do primeiro ovo de cada ninho como referência, obteve-se a média e a soma (para a precipitação) de 3 dias, 7 dias, 15 dias, 30 dias, 90 dias e 150 dias anteriores ao dia da postura para cada uma dessas 10 variáveis climáticas. Isto porque diversos estudos (Nussey et al. 2005, Morrison et al. 2009, Visser et al. 2009) têm demonstrado uma relação entre os períodos anteriores das variáveis climáticas e sua influência nas datas de postura e outras variáveis reprodutivas. Por este motivo, considerou-se inicialmente, as 60 variáveis climáticas derivadas das 10 variáveis climáticas x 6 períodos, de modo a verificar as variáveis climáticas que possuem as maiores correlações entre si, bem como com o período reprodutivo da espécie estudada.

COLETA DE DADOS REPRODUTIVOS

Como parâmetros reprodutivos do *N. fasciata* foram consideradas as seguintes variáveis: data de postura; número de ovos colocados em cada ninhada (tamanho de ninhada); duração do tempo de incubação; duração do período de crescimento do ninhego; número de filhotes sucedidos por ninho (produtividade); destino de cada ninho (predado ou sucesso) e a probabilidade de sobrevivência diária dos ninhos.

Data de postura

A data de postura representa o primeiro dia em que os adultos colocam o primeiro ovo da ninhada. Quando os ninhos foram encontrados prontos ou em fase de construção, acompanhou-se a postura desde o primeiro dia. Quando os ninhos foram encontrados com ovos, a data de postura foi calculada de forma retroativa a partir da data de eclosão considerando o tempo médio de incubação para a espécie no local de estudo (ver adiante).

Uma vez que *N. fasciata* apresenta ninhadas múltiplas e o presente estudo pretendeu determinar o efeito das variáveis climáticas sobre sua data de postura, foi necessário separar as posturas iniciais das secundárias. Considerou-se como posturas secundárias, aqueles ninhos cuja datas de posturas estavam fora do intervalo de 30 dias após a primeira postura do primeiro ninho de cada ano. Isto porque o ciclo reprodutivo da espécie apresenta duração total de 22 dias e o intervalo entre a primeira e segundas ninhadas é de aproximadamente 7 dias (Gressler, D. com. pessoal). A Figura 4 mostra o diagrama utilizado para a detecção visual das primeiras e segundas ninhadas. A seta vermelha representa a separação entre as posturas secundárias (à direita da seta) e

iniciais (à esquerda da seta). Note que houve um intervalo de 30 dias entre as posturas secundárias e primárias.

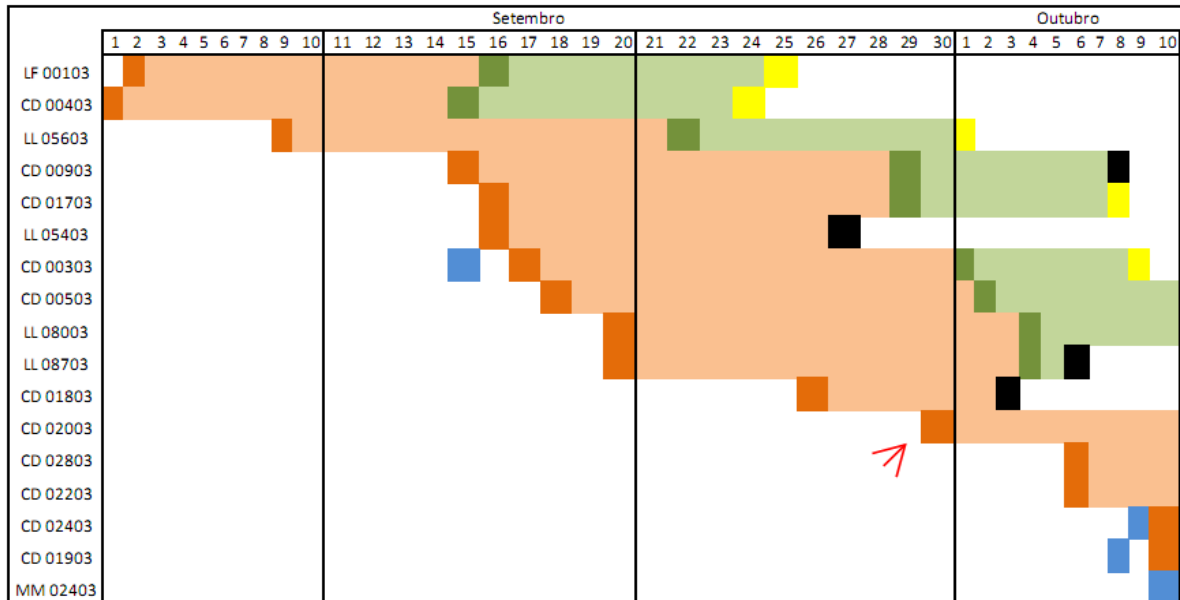


Figura 4: Diagrama ilustrativo do tempo de duração dos ninhos de *Neothraupis fasciata*. Posturas iniciais a esquerda da seta e as secundárias à direita da seta. Legenda das cores: laranja: data de postura; laranja-claro: tempo de incubação; verde: dia da eclosão; verde-claro: tempo de filhote; amarelo: sucesso do ninho; preto: ninho predado; azul: ninho pronto sem ovo.

Tamanho de ninhada

Para ter certeza do tamanho de ninhada, considerou-se para análises, somente aqueles ninhos cujo número de ovos fora constante após duas averiguações seguidas com intervalo de pelo menos três dias. Ninhos que foram predados antes desta segunda monitoração foram excluídos, bem como ninhos encontrados com filhotes em idade superior a nove dias, sem o histórico de ovos.

Duração do tempo de incubação

Para estimar o tempo de incubação dos ovos considerou-se todos os ninhos que tiveram observações completas desde o primeiro dia da postura até o primeiro dia da eclosão de pelo menos um ovo. Desde total (n = 46 ninhos), retirou-se a média, obtendo o valor de 13 (± 0.86) dias.

Duração do período de desenvolvimento do filhote

Para o período de desenvolvimento de filhote foram considerados aqueles ninhos que tiveram anotação do primeiro dia da eclosão de pelo menos um ovo, até o último dia de saída do filhote. Em seguida, calculou-se o tempo de permanência do ninhego desde a eclosão até a saída, por ninho. Considerou-se como sucesso, o período de 9 dias de idade que representa o tempo mínimo em que o ninhego é capaz de sair do ninho (Duca & Marini 2011). Para ninhos encontrados com ninhegos, a data de eclosão foi considerada a partir da data de sucesso, de forma retroativa considerando o tempo mínimo de permanência do filhote no ninho.

Destino do ninho

Quando os ninhos com mais de 9 dias de eclosão foram encontrados vazios sem vestígios de predação ou com ninhego com mais de 9 dias de idade, os mesmos foram interpretados como bem sucedidos. O ninho foi considerado predado quando se encontrava vazio na fase de ovo e antes de completar os 9 dias de permanência do ninhego. Quando vazios, porém com vestígios de predação (p. ex. fundo e bordas descaracterizadas, presença de sangue, penas) e/ou contendo filhotes mortos também foram considerados como predados. Ninhos encontrados com ovos frios ou ninhegos mortos sem sinais de agressão foram considerados abandonados.

Número de filhotes sucedidos

O número de filhotes sucedidos corresponde ao total de indivíduos que saíram de cada ninho com idade igual ou maior que 9 dias de idade.

Probabilidade de sobrevivência diária

A probabilidade de sobrevivência diária ou sucesso reprodutivo é a combinação dos cálculos de probabilidade de sobrevivência do ninho durante a incubação e durante o período de alimentação dos filhotes, determinando a probabilidade de um casal gerar um ou mais filhotes após todo o ciclo reprodutivo. As análises de sobrevivência foram calculadas automaticamente pelo programa MARK que permite calcular as TSDs em modelos que incorporam variáveis ecológicas e variações temporais. Para tal, foram cumpridas todas as premissas da análise (maiores detalhes ver Dinsmore & Dinsmore 2007).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Primeiramente realizou-se uma exploração dos dados verificando a normalidade, independência e a presença de dados fora de série (“outliers”) nos parâmetros reprodutivos (y) e nas variáveis climáticas (x). Quando constatada a presença de valores fora de série (“outliers”) aplicou-se uma transformação logarítmica dos dados (base 10) ou raiz-quadrada para as variáveis não transformadas pelo logaritmo na base 10. Para verificar se houve diferenças entre anos da data de postura, tamanho de ninhada, tempo de incubação, duração do desenvolvimento de filhotes e número de filhotes sucedidos por ninho aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar 1999). Quando constatada significância na variância entre anos, utilizou-se o teste *a posteriori* de Dunn para verificar entre quais pares de anos houve diferença. Testes de correlação de

Spearman ou Pearson e regressões lineares simples foram aplicados entre os parâmetros reprodutivos e variáveis climáticas, entre os próprios parâmetros reprodutivos e entre as próprias variáveis climáticas. Entre variáveis climáticas, verificou-se fortes correlações: os períodos anteriores de 3, 7, 15 e 30 dias estiveram altamente correlacionados entre si e foram interpretados representando um único grupo, enquanto os períodos de 90 e 150 dias, um segundo grupo, por também estarem altamente correlacionados entre si. Para as análises subsequentes, somente as variáveis anteriores de 7 dias e de 90 dias foram escolhidas já que: (1) escolher qualquer uma das variáveis do primeiro grupo ou do segundo grupo implica em representar o grupo por inteiro; (2) apresentaram menor correlação entre si do que com as outras variáveis. Na sequência, averiguou-se a colinearidade destas 20 variáveis selecionadas. Para tanto, realizou-se uma Análise dos Componentes Principais (PCA), verificando pela matriz de correlação, os “scores” e os auto-valores das variáveis que mais contribuíram para a explicação do primeiro e segundo componente. Como a decisão de simples exclusão das variáveis climáticas (x) por meio dos baixos “scores” pode provocar erros de entendimento dos dados (Quinn & Keough 2002), utilizou-se uma análise de Fator de Inflação da Variância (VIF) com as variáveis climáticas derivadas do primeiro e segundo componentes do PCA. Nesta análise do VIF, valores maiores que 10 sugerem forte colinearidade (Quinn & Keough 2002). Contudo, visando garantir ausência de colinearidade utilizou-se como corte o valor 3 (Zuur et al. 2009). Assim, das 20 variáveis climáticas de 7 dias e 90 dias previamente selecionadas, somente cinco apresentaram colinearidade abaixo de 3 e foram utilizadas para a explicação dos modelos lineares (detalhados abaixo). São elas: temperatura máxima (Tmx7d), temperatura mínima (Tmi7d) e precipitação acumulada (Ppc7d) dos 7 dias anteriores de cada ninho, e temperatura máxima (Tmx90d) e precipitação acumulada (Ppc90d) dos 90 dias anteriores de cada ninho. Todas as

análises preliminares foram realizadas pelo programa R (R Core Development Team 2008)

Tendo o dia 26 de agosto como referência do primeiro dia da reprodução (dia 1) do *Neothraupis fasciata* na ESECAE, todas as datas de posturas foram convertidas em dias julianos. Por meio de modelos lineares generalizados (utilizando GLM do programa R), utilizou-se regressões de Poisson (McCullag & Nelder 1989) para verificar os efeitos que as variáveis climáticas exercem sobre as datas de postura das primeiras ninhadas.

Para verificar os efeitos que as variáveis climáticas exercem sobre o tamanho da ninhada, duração da incubação, número de filhotes sucedidos, e período de desenvolvimento do ninhego utilizou-se regressões de Poisson com modelos lineares mistos generalizados (GLMM), que consideram o efeito randômico para as variáveis respostas não independentes. Ninho e ano foram incluídos como efeitos randômicos. Para análise, utilizou-se o pacote lme4 do programa R (Bates & Sarkar 2007).

Para analisar o efeito que as variáveis climáticas exercem sobre o destino dos ninhos utilizou-se regressões binomiais com modelos lineares mistos generalizados (GLMM) do programa R, pacote lme4 (Bates & Sarkar 2007). A resposta variável foi codificada em “zero” quando o ninho obteve sucesso e “um” quando predado. Ninho e ano foram incluídos como efeito randômico.

Para todos os modelos quando não houve significância de uma das variáveis utilizou-se o método de “drop” que indica os valores dos desvios de cada variável e, portanto, a importância que a retirada de cada variável contribui para a variância do modelo. Variáveis com menor desvio e menor valor de p foram gradativamente

excluídas do modelo e a significância do modelo em comparação com o modelo simplificado foi testada pelo qui-quadrado da ANOVA. O modelo final se deu quando todas as variáveis restantes se mostraram significativas pelo valor de $p < 0.05$.

Análises estatísticas: probabilidade de sobrevivência dos ninhos

Para estimar a taxa de sobrevivência diária (TSD) dos ninhos em função das variáveis climáticas utilizou-se o programa MARK (White & Burnham 1999). O programa MARK permite a modelagem da taxa de sobrevivência diária em função de covariáveis individuais e temporais (Dinsmore et al. 2002). A seleção dos modelos é feita por meio do Critério de Informação de Akaike corrigido para pequenas amostras (AICc) (Burnham & Anderson 2002). Uma vez que os valores de AICc são calculados para cada modelo, todos os modelos construídos são ranqueados em relação ao modelo de menor valor de AICc; ou seja, o melhor modelo. As distâncias do melhor modelo dos demais modelos candidatos ($\Delta AICc$) permitem inferir o suporte desses em relação ao melhor modelo (Burnham & Anderson 2002). O nível de suporte de um modelo candidato é considerado substancial se $\Delta AICc \leq 2$ (Burnham & Anderson 2002), portanto, modelos com $\Delta AICc \leq 2$ são considerados adequados para explicar o ajuste dos dados. Caso o intervalo de confiança (95%) do β de uma covariável incluir zero, a variável em questão é considerada fraca no modelo. Além disso, como outra forma de avaliar a importância relativa de uma variável, o peso de cada variável de interesse foi calculado por meio da soma dos pesos de Akaike dos modelos que incluem a variável em questão (Burnham & Anderson 2002).

Como procedimento inicial nas análises de sobrevivência diária de ninhos no programa MARK, foi necessário converter as datas do calendário (dia/mês) em dias corridos. O dia 26 de agosto foi considerado o dia 1 da estação, em virtude de ter sido a

data do primeiro ninho ativo mais anterior dos oitos anos de estudo. Da mesma forma, o dia 27 de dezembro (dia 120) foi o último dia de ninho ativo considerado. Isto implica que o número máximo de estimativas de sobrevivência que o programa realizou foi 119, já que as amostras tiveram duração máxima de 120 dias.

A construção dos modelos seguiu Souza & Marini (2012) que empregaram duas etapas. Primeiramente, construiu-se modelos em que a TSD variava em função de padrões temporais ao longo da estação reprodutiva. Foram comparados modelos cuja TSD: (1) era constante ao longo da estação reprodutiva $S(\cdot)$; (2) era constante ao longo da estação de cada ano $S(\text{ano})$; (3) apresentava um padrão linear ao longo da estação $S(\text{data})$; (4) apresentava um padrão linear ao longo da estação de cada ano $S(\text{data} + \text{ano})$; (5) apresentava um padrão quadrático ao longo da estação, caso os dados não fossem lineares $S(\text{data}^2)$ e (6) apresentava um padrão quadrático ao longo da estação de cada ano $S(\text{data}^2 + \text{ano})$. Na segunda etapa, os melhores modelos ($\Delta\text{AICc} \leq 2$) encontrados na primeira etapa foram combinados com as cinco variáveis climáticas e a combinação entre elas. A idade do ninho também foi incluída nas análises, pois se espera que a sobrevivência do ninho diminua com o aumento da idade do ninho (Skutch 1950).

A relação entre a TSD e as variáveis de interesse desse estudo foi caracterizada por meio da função de ligação *logit* que converte as estimativas de TSD para o intervalo (0,1) (Lebreton et al. 1992), utilizada também em demais estudos (Dinsmore et al. 2002, Rotella et al. 2004, Wilson et al. 2007). A função seno foi utilizada apenas no modelo de TSD constante (Rotella 2007).

RESULTADOS

Durante os anos de 2003-2010 foram monitorados 240 ninhos ativos. Deste total de ninhos, 102 (42,5%) representaram posturas iniciais (Tabela 1). Pelo teste de Kruskal-wallis houve diferença nas datas de posturas entre anos ($H=35,70$, $gl=7$, $p<0,001$). Os anos de 2010, 2009, 2008, 2007 e 2004 diferiram significativamente do ano de 2003 (*pairwise comparison in Dunn's method*, $p<0,05$), enquanto os demais anos não diferiram entre si. Para tamanho de ninhada ($H=13,72$, $gl=7$, $p=0,056$) e duração de incubação de ovos ($H=12,57$, $gl=7$, $p=0,083$) houve uma diferença significativa marginal entre anos. Para os parâmetros reprodutivos duração do período de desenvolvimento do ninhego ($H=11,48$, $gl=7$, $p=0,119$) e número de filhotes sucedidos por ninho ($H=6,53$, $gl=7$, $p=0,479$) não houve diferenças significativas.

Para as análises de regressão linear simples ou correlação de Spearman entre os parâmetros reprodutivos e variáveis climáticas, somente o tamanho de ninhada esteve negativamente correlacionado ($r^2 = -0,22$, $p<0,001$) com a data de postura.

Analisando as correlações entre os parâmetros reprodutivos e variáveis climáticas (Tabela 2) tem-se que a data de postura esteve positivamente correlacionada ($p<0,001$) com quatro variáveis climáticas e negativamente com temperatura média máxima de 7 dias anteriores. A duração de incubação esteve negativamente correlacionada ($p=0,041$) com a temperatura média mínima de 7 dias anteriores, enquanto o tamanho de ninhada foi associado negativamente com a precipitação acumulada de 90 dias anteriores ($p=0,002$).

Tabela 1. Parâmetros reprodutivos de *Neothraupis fasciata* no Planalto Central, Distrito Federal, 2003-2010.

Variável	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
N de ninhos ativos	20	21	21	35	26	30	50	37
N (%) de posturas iniciais	11(55%)	12 (57%)	13 (62%)	13(37%)	9 (35%)	7 (23%)	19 (38%)	18 (49%)
Duração da incubação (dias)	13±0	13±0	13±0	13±0	13±1	14±1	14±1	14±1
Tamanho de ninhada	2,5±0,8	2,3±0,6	2,3±0,6	2,4±0,5	2,3±0,5	2,2±0,8	2,2±0,5	2,4±0,5
Período de ninhego (dias)	11±0,54	11±1,71	12±1,64	10±0,99	10±0,69	10±1,22	10±1,01	10±1,09
N de filhotes sucedidos	1,1±1,1	0,8±1,0	0,8±1,0	1±1,2	1,0±1,1	0,6±1,0	0,8±1,1	0,6±0,9

Tabela 2. Correlações entre os parâmetros reprodutivos de *Neothraupis fasciata* e variáveis climáticas no Planalto Central, Distrito Federal, 2003-2010.

Variáveis respostas	Variáveis climáticas									
	Tmx7d		Tmi7d		Ppc7d		Tmx90d		Ppc90d	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Data de postura *	-0,336	<0,001	0,285	<0,001	0,438	<0,001	0,629	<0,001	0,712	<0,001
Duração da incubação	0,057	0,704	-0,302	0,041	-0,008	0,953	-0,265	0,075	-0,006	0,968
Tamanho de ninhada	0,063	0,356	0,045	0,508	-0,05	0,461	-0,061	0,372	-0,202	0,002
Período de ninhego *	0,223	0,079	0,208	0,102	-0,012	0,920	0,07	0,585	-0,052	0,680
N de filhote sucedido	0,0001	0,987	0,065	0,341	-0,038	0,575	-0,049	0,467	-0,044	0,516
Destino do ninho	0,029	0,645	-0,027	0,675	0,025	0,699	0,040	0,528	0,043	0,501

Legenda. Tmx7d: Temperatura máxima de 7 dias anteriores à postura dos ninhos; Tmi7d: Temperatura mínima de 7 dias anteriores; Ppc7d: Precipitação acumulada de 7 dias anteriores; Tmx90d: Temperatura máxima de 90 dias anteriores; Ppc90d: Precipitação acumulada de 90 dias anteriores. * Correlações de Pearson para variáveis apresentando normalidade e independência de dados. Demais correlações de Spearman. Em negrito: valores significativos ($p < 0,05$).

Modelagens entre as variáveis climáticas e os parâmetros reprodutivos

Pelo GLM, as datas de postura das primeiras ninhadas foram significativamente influenciadas pela temperatura média máxima de 90 dias anteriores (Tmx90d) (Tabela 3). Pelo cálculo dos desvios dos resíduos, (por onde se subtrai o desvio do resíduo do desvio nulo dividido pelo desvio nulo, multiplicado por 100) (Zuur et al. 2009) a variável Tmx90d explicou 85,5% da variação do modelo.

Tabela 3. Modelo linear generalizado (GLM) utilizado para análise da influência das variáveis climáticas nas datas de posturas iniciais dos ninhos de *Neothraupis fasciata*. GLM final, simplificado, função Poisson. (Tmx90d: Temperatura máxima anterior 90 dias da data de postura)

Modelo	Variável resposta	Explicatória	Estimativa (e.p.)	z	p
Postura~Tmx90d	Datas de postura iniciais	Intercepto	- 13.78 (0.83)	- 16.57	<0.001
		Tmx90d	0.60 (0.02)	20.82	<0.001

Pelo GLMM, utilizando-se ninho como efeito randômico para os parâmetros reprodutivos tamanho de ninhada, duração do tempo de incubação, duração do período de desenvolvimento de ninhego, número de filhotes sucedidos e destino do ninho não foram encontradas relações significativas entre as variáveis climáticas (Tabelas 4 e 5). Da mesma forma, utilizando-se ano como efeito randômico não foram registradas relações significativas (Tabelas 4 e 5), embora o parâmetro reprodutivo “número de filhotes sucedidos” tenha apresentado um valor de p marginalmente significativo para Temperatura mínima de 7 dias anteriores (Tmi7d) e Temperatura máxima de 90 dias

anteriores (Tmx90d). Para Tmi7d a relação foi positiva, enquanto para Tmx90d, negativa (Tabela 4).

Tabela 4. Modelo linear misto generalizado (GLMM) utilizado para análise da influência das variáveis climáticas no tamanho de ninhada, duração da incubação, período de crescimento de ninhego e número de filhotes sucedidos por ninho de *Neothraupis fasciata*. GLMM final, simplificado, função Poisson, efeito randômico ninho e ano para amostras não independentes.

Modelo	Variável	Termos	Estimativa(E.P)	z	p
Ninho					
Ovo~Tmx7d + Tmi7d	Tamanho ninhada	Intercepto	1,69 (1,62)	1,031	0,302
+ Ppc7d + Tmx90d +		Tmx7d	0 ,01 (0,031)	-0,398	0,69
Ppc90d		Tmi7d	0,03 (0,06)	0,539	0,59
		Ppc7d	0(0)	0,459	0,646
		Tmx90d	0 ,03 (0,06)	-0,556	0,578
		Ppc90d	0 (0)	-1,407	0,159
Inc~Tmx7d + Tmi7d	Duração incubação	Intercepto	3,10 (1,52)	2,03	0,04
+ Ppc7d + Tmx90d +		Tmx7d	0,01(0,02)	0,39	0,69
Ppc90d		Tmi7d	0 ,03 (0,07)	-0,39	0,69
		Ppc7d	0 (0)	-0,23	0,81
		Tmx90d	0,01 (0,06)	-0,17	0,86
		Ppc90d	0(0)	0,40	0,68
Pn~Tmx7d + Tmi7d +	Período ninhego	Intercepto	1,86 (1,48)	1,25	0,2
Ppc7d + Tmx90d +		Tmx7d	0,01 (0,02)	0,49	0,62
Ppc90d		Tmi7d	0,01 (0,05)	0,25	0,79
		Ppc7d	0 (0)	0,18	0,85
		Tmx90d	0 (0,05)	-1,14	0,88
		Ppc90d	0 (0)	0,18	0,85

Continua...

Continuação da Tabela 4...

Modelo	Variável	Termos	Estimativa(E.P)	z	p
Fsuc~Tmx7d + Tmi7d + Ppc7d + Tmx90d + Ppc90d	Filhotes sucedidos	Intercepto	2,46 (3,35)	0,734	0,463
		Tmx7d	0 ,03 (0,06)	-0,598	0,55
		Tmi7d	0,20 (0,14)	1,493	0,135
		Ppc7d	0 (0)	0,18	0,857
		Tmx90d	0 ,18 (0,13)	-1,393	0,164
		Ppc90d	0 (0)	-1,034	0,301
		Tmx90d	0 ,03 (0,06)	-0,55	0,57
		Ppc90d	0 (0)	-1,40	0,15
Ano					
Inc~Tmx7d + Tmi7d + Ppc7d + Tmx90d + Ppc90d	Duração incubação	Intercepto	3,10 (1,52)	2,033	0,04
		Tmx7d	0,01 (0,02)	0,39	0,69
		Tmi7d	0 ,03 (0,07)	-0,39	0,69
		Ppc7d	0 (0)	-0,23	0,81
		Tmx90d	0 ,01 (0,06)	-0,17	0,86
		Ppc90d	0 (0)	0,40	0,68
Pn~Tmx7d + Tmi7d + Ppc7d + Tmx90d + Ppc90d	Período ninhego	Intercepto	1,86 (1,48)	1,25	0,20
		Tmx7d	0,01 (0,02)	0,49	0,62
		Tmi7d	0,01 (0,05)	0,25	0,79
		Ppc7d	0 (0)	0,18	0,85
		Tmx90d	0 (0,05)	-0,14	0,88
		Ppc90d	0 (0)	0,18	0,85
Fsuc~ Tmi7d + Tmx90d	Filhotes sucedidos	Intercepto	1,84 (2,55)	0,72	0,46
		Tmi7d	0,18 (0,10)	1,74	0,08
		Tmx90d	0,17 (0,10)	-1,73	0,08

Legenda. Ovo: Tamanho de ninhada; Inc: Duração do tempo de incubação; Pn: Período de desenvolvimento dos ninhegos; Fsuc: Número de filhotes sucedidos; Tmx7d: Temperatura máxima de 7 dias anteriores; Tmi7d: Temperatura mínima de 7 dias anteriores; Ppc7d: Precipitação acumulada de 7

dias anteriores; Tmx90d: Temperatura máxima de 90 dias anteriores; Ppc90d: Precipitação acumulada de 90 dias anteriores.

Tabela 5. Modelo linear misto generalizado (GLMM) utilizado para análise da influência das variáveis climáticas no destino do ninho de *Neothraupis fasciata*. GLMM final, simplificado, função Binomial, efeito randômico ninho e ano para amostras não independentes.

Modelo	Variável	Termo	Estimativa (E.P)	z	p
Ninho					
Destino~Tmx7d+Tmi7d+ Ppc7d+Tmx90d+Ppc90d	Destino do ninho	Intercepto	2,80 (4,94)	-0,56	0,57
		Tmx7d	0,12 (0,09)	1,35	0,17
		Tmi7d	0,30 (0,19)	-1,56	0,11
		Ppc7d	0 (0)	-0,04	0,96
		Tmx90d	0,15 (0,19)	0,80	0,41
		Ppc90d	0 (0)	1,28	0,20
Ano					
Destino~Tmx7d+Tmi7d+ Ppc7d+Tmx90d+Ppc90d	Destino do ninho	Intercepto	2,80 (4,94)	-0,56	0,57
		Tmx7d	0,12 (0,09)	1,35	0,17
		Tmi7d	0,30 (0,19)	-1,56	0,11
		Ppc7d	0 (0)	-0,04	0,96
		Tmx90d	0,15 (0,19)	0,80	0,42
		Ppc90d	0 (0)	1,27	0,20

Legenda. Tmx7d: Temperatura máxima de 7 dias anteriores; Tmi7d: Temperatura mínima de 7 dias anteriores; Ppc7d: Precipitação acumulada de 7 dias anteriores; Tmx90d: Temperatura máxima de 90 dias anteriores; Ppc90d: Precipitação acumulada de 90 dias anteriores.

Probabilidade de sobrevivência dos ninhos

Na primeira etapa da análise de TSD dos ninhos de *N. fasciata*, estiveram presentes nos melhores modelos a variável data (linear) e o modelo com TSD constante.

A variável ano e a função quadrática foram variáveis preditoras ruins da sobrevivência

dos ninhos (Tabela 6). Na segunda etapa, as cinco variáveis climáticas e idade foram combinadas com os dois melhores modelos da primeira etapa, gerando um total de 128 modelos (Tabela 6). A função linear apresentou maior influência na sobrevivência dos ninhos em comparação com o modelo constante. A tendência linear apresentou moderada importância relativa (0,40) com estimativa beta negativa ($\beta_{data} = -0,002$ em escala *logit*), indicando que as TSDs diminuem (ainda que pouco) conforme avança a estação reprodutiva.

Todas as seis variáveis de interesse estiveram presentes nos melhores modelos com $\Delta AICc \leq 2$ (Tabela 6). Dentre as variáveis de interesse, a idade do ninho foi a variável que mais influenciou a TSD dos ninhos de *N. fasciata*. Seu peso ou importância relativa foi de 0,97 (Tabela 7) e o valor negativo do beta ($\beta_{idade} = -0,06$ em escala *logit*) aponta que quanto mais velho for o ninho menor sua TSD. No entanto, apresentou pouco suporte ao modelo, pois seu valor da estimativa de β esteve muito próximo de zero e seu intervalo de confiança compreendeu o zero (Tabela 7). Desta forma, a idade não representa uma boa variável preditora da sobrevivência dos ninhos.

Todas as cinco variáveis climáticas de interesse estiveram presentes nos melhores modelos (Tabela 6), apresentando a Temperatura mínima anterior aos 7 dias (T_{mi7d}) a maior importância relativa (0,37) (Tabela 7). Contudo, da mesma forma que a idade seu valor de estimativa de β , bem como o das demais variáveis climáticas, estiveram muito próximo de zero e seus intervalos de confiança compreenderam o zero (Tabela 7), tornando-as não adequadas para preverem a sobrevivência dos ninhos.

Tabela 6. Resultados da seleção de modelos para a sobrevivência de ninhos de *Neothraupis fasciata*, feita em duas etapas. A primeira incluiu variáveis temporais e a segunda, os melhores modelos do primeiro ($\Delta AICc \leq 2$) combinados com as cinco variáveis climáticas e a idade. Os modelos restantes encontram-se no Apêndice 1.

Modelos	Nº de parâmetros	AICc	$\Delta AICc$	Peso AICc
Primeiro etapa				
S(.)	1	831,1923	0	0,43888
S(data)	2	831,3492	0,1569	0,40576
S(data ²)	3	833,3065	2,1142	0,15249
S(ano)	2	842,368	11,1757	0,00164
S(data+ano)	3	843,5809	12,3886	0,0009
S(data ² + ano)	4	845,5783	14,386	0,00033
Segunda etapa				
S(data+idade)	3	810,0776	0	0,14897
S(data+idade+Tmi7d)	4	811,3704	1,2928	0,07805
S(data+idade+Tmx7d)	4	811,7595	1,6819	0,06425
S(data+idade+Tmx90d)	4	811,7751	1,6975	0,06375
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d)	5	811,9224	1,8448	0,05922
S(data+idade+ppc7d)	4	812,0433	1,9657	0,05575
S(data+idade+ppc90d)	4	812,0817	2,0041	0,05469

Nota: os modelos são ranqueados com base no Critério de Informação Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc). Os modelos incluem a variável temporal data (padrão temporal linear ao longo da estação), além das variáveis climáticas (Temperatura máxima anterior a 7 dias - Tmx7d; Temperatura mínima - Tmi7d e Precipitação acumulada - Ppc7d, dos 7 dias anteriores; Temperatura máxima dos 90 dias anteriores - Tmx90d; Precipitação acumulada dos 90 dias anteriores - Ppc90d). S(.) é um modelo com taxa de sobrevivência diária constante.

Tabela 7. Importância relativa, estimativas de β e seus intervalos de confiança das variáveis idade, Tmx7d, Tmi7d, Ppc7d, Ppc90d, presentes nos modelos de sobrevivência de ninhos de *Neothraupis fasciata*.

Variável	Importância Relativa	β^1	Intervalo de Confiança
Idade	0,97	-0,06	-0,32< β <0,19
Tmx7d	0,35	-0,01	-0,18< β <0,14
Tmi7d	0,37	0,04	-0,21< β <0,31
Ppc7d	0,26	~ 0,00	-0,03< β <0,04
Tmx90d	0,30	0,03	-0,22< β <0,29
Ppc90d	0,27	~0,00	-0,02< β <0,02

¹ As estimativas de β em escala logit e seus intervalos de confiança foram retirados do melhor modelo (baseado na Tabela 6) que incluiu as variáveis de interesse.

DISCUSSÃO

As variáveis climáticas têm sido associadas como fatores que influenciam o período reprodutivo e o sucesso de muitas espécies de aves (Morrison et al. 2009, Lehikoinen et al. 2010). Com base nos dados de quatro anos, Duca & Marini (2011) propuseram uma associação entre o início da reprodução de *N. fasciata* e a variação de precipitação anual. Os dados de oito anos do presente estudo mostraram que a temperatura, e não a precipitação influencia o período reprodutivo da espécie estudada. Para aves silvestres, o período reprodutivo tem sido claramente correlacionado com a temperatura (Dunn 2004). Estudos em cativeiro confirmam esta associação, demonstrando que a temperatura exerce um efeito direto sobre o período reprodutivo, ainda maior que a disponibilidade de recursos no local (Salvante et al. 2007, Visser et al. 2009). Segundo estes estudos, a variação anual no período reprodutivo tem se dado devido às mudanças ano a ano no padrão de temperatura.

Data de postura inicial

A importância da temperatura como determinante para a data de postura em aves tem sido ressaltada na literatura ornitológica, uma vez que seus efeitos explicam a variação do período reprodutivo, tanto localmente quanto no contexto de previsões das respostas das populações de aves diante das mudanças climáticas (Thomas et al. 2010). Para aves da região tropical, a temperatura tem se mostrado igualmente relevante, determinando a data de postura em muitas espécies (Marra et al. 2005, Moller 2007). Em *N. fasciata* embora a data de postura tenha sido significativamente correlacionada com todas as variáveis climáticas foi a temperatura máxima de três meses anteriores à data de postura que apresentou significância pelo modelo linear, corroborando os efeitos da temperatura na fenologia de algumas aves tropicais. Entretanto, a relação negativa entre a temperatura máxima e a data de postura, indica uma tendência de atraso na mesma nos anos em que a temperatura máxima de 90 dias anteriores ao período reprodutivo aumentar. Este resultado é contrário as respostas gerais das aves de regiões temperadas frente a um aumento de temperatura (Visser et al. 2009, Carrillo & González-Dávila 2010, Lehikoinen et al. 2010), bem como às respostas encontradas em aves neotropicais migrantes (Nott et al. 2002, Storde 2003, Stugger et al. 2004, Marra et al. 2005, Møller 2008, Mazerolle et al. 2011). Os trabalhos realizados com fenologia e variações climáticas em aves tropicais residentes são poucos, embora a maioria das espécies habitar a zona tropical e ser residente (Sekercioglu et al. 2012). Isto dificulta a comparação dos resultados, bem como a tentativa de atribuir um novo padrão de resposta das aves às variações climáticas na zona tropical. Um dos únicos estudos realizado com uma ave neotropical residente (a gralha, *Aphelocoma ultramarina*) a sudeste do Arizona, no México, demonstrou que o adiantamento da data de postura está relacionado com o aumento da temperatura mínima dos dois meses anteriores ao

período reprodutivo da espécie (Brown et al. 1999). Os autores desse estudo (Brown et al. 1999) e outros pesquisadores (Sekercioglu et al. 2012) ressaltam as diferentes respostas das espécies frente às variações climáticas e importância de maiores estudos na zona tropical para o melhor entendimento dos efeitos das variações climáticas, em especial da temperatura sobre as respostas das aves tropicais.

Tamanho de ninhada

Recentemente tem-se demonstrado que as respostas da avifauna frente às variações climáticas variam segundo o contexto na qual se insere a população (Thomas et al. 2010), bem como pela capacidade individual das espécies de lidarem com mudanças no clima ao longo do tempo (Matthysen et al. 2011). Para o tamanho de ninhada, observa-se que os efeitos das variações climáticas têm provocado respostas específicas e de escala local. Em algumas aves, o aumento da temperatura tem provocado o aumento do tamanho de ninhada (Järvinen 1994), enquanto que para outras espécies esse efeito aditivo na quantidade de ovos não tem sido verificado (Sanz 2002, Winkler et al. 2002). Ao mesmo tempo, o adiantamento da data de postura provocado pelo aumento de temperatura tem causado o aumento da quantidade de ovos (Winkel & Hudde 1997, Winkler et al. 2002). Para *N. fasciata*, a correlação negativa entre tamanho de ninhada e data de postura mostrou que o atraso na data de postura provocado pelo aumento de temperatura tende a diminuir o tamanho de ninhada. Esta tendência é novamente contrária às respostas gerais das aves da região temperada, em que o aumento da temperatura e o adiantamento da data de postura provocam o aumento de ninhada ou nenhum efeito. As aves tropicais apresentam um tamanho de ninhada inferior ao encontrado em regiões temperadas (Ricklefs 1980, Skutch 1985). A disponibilidade de alimento (Lack 1947) e o risco de predação (Slagsvold 1982)

representam, até o momento, os fatores que explicam esta diferença de tamanho da ninhada entre as zonas climáticas. Griebeler et al (2010) mostraram que existe uma tendência latitudinal de diminuição do tamanho de ninhada dos pólos para os trópicos quando há diminuição da sazonalidade de recurso, maior taxa de predação e menor duração da estação reprodutiva.

O fator seletivo agindo em favor de menores ninhadas corrobora a hipótese de predação que evita atrair predadores ao ninho pela redução de entrega de alimento (Skutch 1950). O grau de investimento reprodutivo dos pais na primeira ninhada pode reduzir a capacidade dos pais criarem outras ninhadas na mesma estação (Slagsvold 1982). Assim, estratégias de redução do tamanho da ninhada favoreceriam tentativas repetidas ao longo da estação (Roper 2005). *Neothraupis fasciata* realiza múltiplas tentativas reprodutivas em uma mesma estação (Gressler com. pessoal). Por outro lado, as demandas energéticas de postura, incubação dos ovos e cuidado com os filhotes também podem afetar a aptidão dos pais (Monaghan & Nager 1997). Desse modo, o aumento de ninhada implica em altos custos para a fêmea, maior tempo e desgaste diário de entrega de alimento para os pais, aumento da predação na fase de ovo e filhote, menor sucesso de eclosão, menor crescimento de ninhegos, e redução da sobrevivência de filhotes e pais (Monaghan & Nager 1997, Conway & Martin 2000, Reid et al. 2000).

Pelo teste de Spearman parece haver uma tendência de associação negativa com a precipitação acumulada de 90 dias anteriores. Isto indica que o aumento da precipitação provocaria um menor tamanho de ninhada. Assim, a precipitação acumulada ainda que em menor grau, também estaria atuando para menor tamanho de ninhada. Semelhantemente ao nosso estudo, o aumento de precipitação na região centro-sul da Florida provocou menor tamanho de ninhada para pares de *Caracara cheriway*

que demoraram a reproduzir na estação (Morrison et al. 2009). Os dados de dois anos de estudo sobre a influência dos recursos alimentares na reprodução de *N. fasciata* mostraram que o pico de disponibilidade de alimento local (fruto e artrópodes) reduz à medida que a estação avança nos meses de maior precipitação (Pereira 2011). Uma tendência de atraso na data de postura implica em alimentar os filhotes perto de meses (novembro e dezembro) com elevado índice pluviométrico, o que poderia igualmente, justificar a redução do tamanho de ninhada, conforme observado por Morrison et al. (2009).

Duração do período de incubação e do período de desenvolvimento do ninhego

A duração do período de incubação de *N. fasciata*, bem como a duração do período de desenvolvimento do ninhego não estiveram correlacionadas significativamente com a data de postura, nem com nenhum dos outros parâmetros reprodutivos.

Quando se considera as correlações de Spearman, a duração da incubação foi correlacionada negativamente com a temperatura mínima de sete dias anteriores (Tmi7d) ao período reprodutivo, sugerindo que o tempo de incubação aumentará quanto mais frio for a semana em que a espécie realizar sua postura. Biologicamente, isso representa uma resposta da fêmea no sentido de manter o fornecimento de calor adequado para o desenvolvimento completo dos embriões (Conway & Martin 2000). Contudo, implica também no aumento de custos energéticos diários da fêmea (Engstrand & Bryant 2002, Salvante et al. 2007) e um maior risco de predação (Stutchbury & Morton 2001). Para o contexto de variações climáticas este resultado indica ser uma resposta imediata e fisiológica diante de queda de temperatura.

Número de filhotes sucedidos e destino dos ninhos

Conforme exposto anteriormente, as variações climáticas influenciam a data de postura, que por sua vez, influencia a produtividade de aves (Mazerolle et al. 2011). Aves de regiões temperadas que apresentam um avanço na data de postura devido às variações climáticas anuais tendem a apresentar maior produtividade, uma vez que o tamanho da ninhada aumenta e o sucesso de filhotes que são incorporados nas populações reprodutivas seguintes também aumenta (Both et al. 2006, Verhulst & Nilsson 2008, Tarof et al. 2011). Para *N. fasciata*, a relação negativa (ainda que marginalmente significativa) entre a temperatura máxima de 90 dias anteriores a sua data de postura (T_{mx90d}) e número de filhotes sucedidos encontrada pelo GLMM, sugere que quanto mais tarde à data de postura menor a produtividade. Duca & Marini (2011) observaram que o período reprodutivo de *N.fasciata* e de outras espécies do cerrado é menor que o período reprodutivo de aves de florestas (Stutchbury & Morton 2001) e que embora a sobrevivência de adultos em *N. fasciata* seja alta, houve baixa fecundidade em fêmeas, corroborando nosso resultado.

A relação da temperatura mínima da semana anterior à postura (T_{mi7d}) de *N. fasciata* também foi marginalmente significativa com o número de filhotes sucedidos, entretanto de forma positiva. Isto significa que se *N. fasciata* iniciar sua postura em uma semana que a temperatura mínima estiver baixa, menor será o número de filhotes sucedidos por ninho. Como a duração da incubação esteve correlacionada negativamente com a T_{mi7d} , quanto mais baixa for a temperatura mínima, maior a duração da incubação e menor a produtividade de *N. fasciata*.

A variação climática (aumento de temperatura e da umidade relativa do ar) provocada pelo El Niño/ENSO provocou em algumas aves neotropicais migrantes um

aumento na produtividade (Nott et al. 2002). Para o *N. fasciata* o aumento da temperatura pode ser um fator negativo para sua produtividade, e em última análise para sua reprodução, devido ao estresse fisiológico que as altas temperaturas provocam na homeostase (Sekercioglu et al. 2012). Um pequeno aumento de temperatura local pode implicar em uma perda significativa de água corporal em aves (Schneider & Griesser 2009). Modelagens sugerem que aves de pequeno porte, habitando áreas semi-áridas ou com alta sazonalidade requererão 150-200% mais de água durante o período mais quente com o aumento da temperatura máxima diária (Mckechnie & Wolf 2010).

Para o destino do ninho não houve nenhuma associação com variáveis climáticas, bem como entre os demais parâmetros reprodutivos, tanto pelos modelos GLMM quanto pelas correlações de Spearman. Este parâmetro relaciona-se com o grau de predação dos ninhos, que por sua vez, estaria sendo influenciado por alterações nos padrões climáticos. Alguns estudos mostraram que mesmo a predação sendo o principal agente causador de mortalidade de ninhos de aves, a reprodução sazonal não é uma estratégia para evitar períodos de altas taxas de predação (Major et al. 1994) e que variações no período reprodutivo podem ser melhor explicadas por variações climáticas do que por variações no risco de predação (Preston & Rotenberry 2006). Contudo, diante da ausência de relações encontradas pelos modelos, a taxa de predação deve ser regulada/determinada segundo a abundância de ninhos, ou seja, quanto maior a quantidade de ninhos maior a predação. Esta relação foi encontrada para *E. chiriquensis*, uma espécie migrante com área de reprodução na ESECAE (Paiva 2008).

Probabilidade de sobrevivência dos ninhos

O sucesso reprodutivo das aves de regiões temperadas tem sido associado negativamente com variações de precipitação e eventos extremos de chuva (Dinsmore et

al. 2002, Flockhart & Wiebe 2008, Mattsson & Cooper 2009), enquanto que para a maioria das aves neotropicais as respostas são variadas e dependentes do contexto (Sillett et al. 2000, Nott et al. 2002, Mazerolle et al. 2011). Pelo estudo do Nott et al. (2002), o aumento da produtividade de filhotes causado pelo calor e umidade advindo do El Niño/ENSO favoreceu o sucesso reprodutivo de 16 aves migrantes estudadas (Nott et al. 2002). Na Jamaica o mesmo efeito do El Niño/ENSO causou resultado oposto para a migrante *Dendroica caerulescens* (Parulidae) (Sillett et al. 2000). Ao mesmo tempo, em Porto Rico, a precipitação e suas co-variáveis pouco afetaram a sobrevivência de ninhos de *Mniotilta varia* e *Setophaga ruticilla*, ambos parúlídeos migrantes (Dugger et al. 2004). Semelhantemente ao estudo de Dugger et al. (2004), as variáveis climáticas estudadas tiveram pouca influência nos modelos de sobrevivência de ninhos de *N. fasciata*. A idade e o ano também incluídos como variáveis temporais também não apresentaram ser boas preditoras da sobrevivência de ninhos de *N. fasciata*. Contudo, isso não indica que o clima, bem como a idade não exerçam uma influência no sucesso reprodutivo da espécie. Quando se compara o peso de AIC do modelo nulo com os pesos dos demais modelos combinados com as seis variáveis de interesse fica evidente esta influência. Sabe-se que o sucesso reprodutivo pode variar segundo as flutuações de recursos (Bradbury et al. 2003), número de predadores (Grant et al. 2005) e de presas (Griebeler et al. 2010), dentre outros fatores. Nos trópicos, os fatores que influenciam a história de vida das espécies e suas respostas adaptativas que visam o aumento do sucesso reprodutivo são pouco conhecidos (Hawkins & Agrawal 2005, Griebeler et al. 2010). Diferentes conflitos (“*trade-offs*”) entre investimentos reprodutivos e recursos disponíveis no ambiente influenciam as taxas de sobrevivência das espécies (Kokko & López-Sepulcre 2007) e certamente são considerados pelas aves no momento da reprodução. Desta forma, sugere-se que um conjunto de fatores,

incluindo clima, recurso, competição, predação e outros, possa estar atuando no sucesso reprodutivo de *N. fasciata*.

PREVISÕES PARA O CONTEXTO DA MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL

Considerando as respostas gerais das aves frente às mudanças climáticas tem-se que o aumento da temperatura global está provocando o adiantamento da data de postura e conseqüentemente da reprodução (Visser et al. 2009, Carrillo & González-Dávila 2010, Lehikoinen et al. 2010). Para o tamanho de ninhada, tem-se verificado um aumento na quantidade de ovos (Järvinen 1994) devido ao aumento da temperatura global e do adiantamento da data de postura (Winkel & Hudde 1997, Winkler et al. 2002). Para o período de incubação de ovos e de desenvolvimento de filhotes, a duração destes períodos tende a diminuir com o aumento da temperatura (Matthysen et al. 2011). No que se refere à produtividade, o adiantamento da data de postura devido ao aumento da temperatura global está provocando um aumento no número de filhotes sucedidos por ninhada (Both et al. 2006, Verhulst & Nilsson 2008, Tarof et al. 2011).

A partir das relações encontradas neste trabalho prevê-se para *N.fasciata* uma resposta inversa às respostas das aves da região temperada frente ao aumento da temperatura global previsto pelo IPCC (2007), para os seguintes parâmetros reprodutivos: data de postura, tamanho de ninhada e produtividade (não significativa estatisticamente). O atraso na data de postura representa um padrão inverso às tendências gerais em fenologia de aves, e fora observado para poucas aves até o momento (p.ex. *Ficedula hypoleuca* – Tiranidae) (Both & te Marvelde 2007). Nos trópicos, esta relação de atraso na data de postura ainda não foi verificada. Quanto ao tamanho de ninhada, a correlação negativa entre tamanho de ninhada e data de postura mostrou que o atraso na data de postura tende a diminuir o tamanho de ninhada. Ao

considerar o aumento de temperatura com o passar dos anos (IPCC 2007), espera-se que haja, portanto, uma redução do tamanho de ninhada em *N.fasciata*. Já para a produtividade, o aumento da temperatura global tende a reduzir a produtividade. Desta forma, o atraso na data de postura ocasionando menor tamanho de ninhada e menor produtividade devido ao aumento de temperatura representam, em conjunto uma tendência contrária aos padrões gerais de aves da região temperada.

Para o contexto das mudanças climáticas, um atraso na data de postura implica em encurtar a duração do período reprodutivo que pode se associar negativamente com a hipótese da “falta de sincronicidade” ou *mismatching hypothesis*. Segundo essa hipótese espera-se que as fêmeas não percebam os sinais de curto prazo e depositem seus ovos em momentos diferentes, diminuindo a sincronização dos nascimentos de filhotes com o pico de disponibilidade de alimento no local (Visser et al. 2009). Isto demonstra baixa plasticidade e diminuição do valor das segundas ninhadas, já que o alimento disponível para segundas ninhadas é menor, reduzindo a produtividade (Visser et al 2003, Husby et al. 2009, Dunn and Winkler 2010).

A plasticidade fenotípica frente às variações e mudanças climáticas registradas para várias aves da região temperada (Love et al. 2010, Thomas et al. 2010, Matthysen et al. 2011) sugere que os efeitos provocados podem ser benéficos para algumas espécies, sejam por que melhoram as condições climáticas para a reprodução ou devido ao aumento de recursos disponíveis no local. Para os trópicos, sabe-se que as espécies flutuam em condições de instabilidade ecológica devido às variações de disponibilidade de recursos, clima e predação (Tilman 1996). O aumento da temperatura máxima na época da seca no Cerrado, que corresponde aos 90 dias anteriores à postura do *N. fasciata* pode ser comparado com um evento extremo de seca causado pela NAO, por

exemplo, que não favoreceria as condições climáticas para a sua reprodução. No Cerrado, a sazonalidade é algo marcante (Silva et al. 2008), tendo o inverno índice próximo a zero de precipitação. Diversos estudos têm demonstrado os impactos da seca na abundância e sobrevivência de aves (Morrison et al. 2007, Albright et al. 2010, Sekercioglu 2010a). Fisiologicamente, as espécies de plantas e animais são fortemente influenciadas pela precipitação e temperatura, influenciando a produtividade da vegetação, floração, frutificação, abundância de insetos, fenologia das espécies, tempo de incubação de ovos, comportamentos de estivação e hibernação, dentre muitos outros parâmetros (Parmesan 2007, Visser et al. 2009, Albright et al. 2010). Espécies residentes como o *N. fasciata*, estão mais propensas a sofrer com as mudanças climáticas, devido à sua dificuldade de dispersão somada às intolerâncias fisiológicas associadas com eventos extremos de temperatura (Sekercioglu et al. 2012). Modelos de mudança climática para distribuição de nicho, projetados para 26 espécies do Cerrado, de maioria residente, mostraram que somente 5% das espécies terão aumento de distribuição, enquanto 80% sofrerão uma redução da mesma (Marini et al. 2009). Este mesmo estudo encontrou que temperaturas extremas (elevadas) aparentam ser o fator mais relevante na limitação da distribuição das espécies.

No tocante à conservação, o cenário negativo previsto para o sucesso reprodutivo de *N. fasciata* devido ao aumento da temperatura máxima na época da seca é uma questão a ser considerada para monitoração e planejamento de manejo. O *status* de quase-endemismo do *N.* reforça a indicação de monitoração e extrapolação de maiores estudos com aves tropicais, em especial com espécies endêmicas, de altitudes e especialista em um ou mais item alimentar. Embora a maioria das espécies de aves que habitam a zona tropical (Tscharntke et al. 2008) sejam residentes (Sekercioglu et al. 2012), há uma concentração desequilibrada de pesquisas e estudos de longo prazo com

espécies da zona temperada e de comportamento migratório (Rosenzweig et al. 2008). Isto significa que grande parte do nosso entendimento sobre os impactos das mudanças climáticas sobre as aves é baseado nestes trabalhos do Hemisfério Norte e com aves migratórias. Acrescem-se a isso, as projeções dos modelos climáticos globais (GCM) que ilustram como cada região do globo terrestre sofrerá diferentes efeitos, segundo sua topografia, latitude e longitude, dentre outras características (Lovejoy & Hannah 2005), implicando que o clima e os fatores climáticos de cada região atuarão de modo diferente em sua comunidade biótica. Da mesma forma, observam-se respostas individuais de cada espécie frente às variações climáticas, levando a alterações diferenciadas nas comunidades e em maior escala, nos ecossistemas (Crick 2004, Lovejoy & Hannah 2005). A biodiversidade dos trópicos, com seu alto grau de endemismo (Myers et al. 2000) e sistemas ecológicos complexos e em grande parte, pouco estudados (Hawkins & Agrawal 2005) evidenciam a necessidade de estudos de base, associados às variações climáticas e os impactos previstos com as mudanças climáticas. A região tropical apresenta padrão inverso à região temperada para muitos parâmetros reprodutivos e biológicos (Skutch 1985, Catchpole & Slater 1995, Stutchbury & Morton 2001), bem como para a dinâmica do clima (estações invertidas), o que também pode estar acontecendo com as respostas das aves tropicais frente às variações anuais climáticas. Para o contexto das mudanças climáticas esta inversão de padrão apresenta grande relevância para o entendimento do comportamento, fisiologia e evolução das aves, incentivando novamente maiores estudos e propostas de manejo para a conservação.

CONCLUSÃO

Neothraupis fasciata mostrou ser uma espécie sensível às variações climáticas, em especial à temperatura máxima de 90 dias anteriores (Tmx90d) e à temperatura

mínima da semana anterior (Tmi7d) à postura dos ovos. O aumento da Tmx90d esteve relacionado diretamente com o atraso da data de postura e em menor grau, com a menor produtividade (número de filhotes sucedidos). A diminuição da Tmi7d também foi relacionada com a menor produtividade e inversamente associada com o aumento da duração da incubação. A data de postura, por sua vez, esteve associada negativamente com o tamanho de ninhada. De modo que um atraso na data de postura causaria uma redução do tamanho de ninhada. Analisando em conjunto, tem-se que um aumento na Tmx90d provocaria um atraso na data de postura, uma redução no tamanho de ninhada, e uma redução no número de filhotes sucedidos. Caso *N. fasciata* inicie sua postura em uma semana em que a temperatura mínima esteja mais fria, a duração do período de incubação aumentará e o número de filhotes sucedidos diminuirá. Quanto ao sucesso reprodutivo, calculado pela TSD dos ninhos, houve uma influência indireta do clima e da idade. Sendo assim, ninhos construídos e ativos mais tarde na estação reprodutiva tendem a apresentar uma menor taxa de sobrevivência. A variável climática Tmi7d apresentou menor peso de AIC, indicando ser a melhor preditora de sobrevivência dos ninhos dentre as demais variáveis climáticas. Seu beta positivo indica que se a postura iniciar na semana em que a temperatura mínima estiver mais baixa haverá um menor sucesso reprodutivo, o que vai de encontro com os resultados encontrados para a produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, T. M., Maldonado-Coelho, M. & Marini, M. Â.. 2000. Nesting biology of the Gray-hooded Flycatcher (*Mionectes rufiventris*). – Ornit. Neotrop. 11: 223-230.

- Albright, T. P., Pidgeon, A. M., Rittenhouse, C. D., Clayton, M. K., Flather, C. H., Culbert, P. D., Wardlows, B. D. & Radeloff, V. C. 2010. Effects of drought on avian community structure. – *Glob. Change Biol.* 16: 2158-2170.
- Alves, M. A. S. 1991. Dieta e táticas de forrageamento de *Neothraupis fasciata* em cerrado no Distrito Federal, Brasil (Passeriformes: Emberizidae). – *Ararajuba, Rev. Bras. Ornitol.* 2: 25-29.
- Alves, M. A. S. & Cavalcanti, R. B. 1990. Ninhos, ovos e crescimento de filhotes de *Neothraupis fasciata*. – *Ararajuba, Rev. Bras. Ornitol* 1: 91-94.
- Arlettaz, R., Schaad, M., Reichlin, T. S. & Schaub, M. 2010. Impact of weather and climate variation on Hoopoe reproductive ecology and population growth. – *J. Ornithol.* 151: 889-899.
- Barros, J. R. 2003. A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo. – MSc thesis, Univ. Estadual Paulista.
- Bates, D. & Sarkar, D. 2007. lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes. – R package version 0.75-13.
- Boag, P. & Grant, P. R. 1984. Darwin's Finches (*Geospiza*) on Isla Daphne Major, Galapagos: breeding and feeding ecology in a climatically variable environment. – *Ecol. Monographs* 54: 463-489.
- Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. M. & Visser, M. E. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. – *Nature* 441: 81–83.

- Both, C. & te Marvelde, L. 2007. Climate change and timing of avian breeding and migration throughout Europe – *Climate Research* 35:93-105.
- 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.
- Bourgault, P., Caro, S. P. & Perret, P. 2006. Do Blue Tits time their breeding based on cues obtained by consuming buds? – *J. Field Ornithol.* 77: 399–403.
- Bradbury, R. B., Wilson, J. D., Moorcroft, D., Morris, A. J. & Perkins, A. J. 2003. Habitat and weather are weak correlates of nestling condition and growth rates of four UK farmland passerines. – *Ibis* 145: 295–306.
- Brown, J. L., Li, S. H. & Bhagabati, N. 1999. Long-term trend toward earlier breeding in an American bird: a response to global warming? – *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 96: 5565–5569.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. 2002. *Model selection and inference: a practical information – theoretic approach.* Springer-Verlag Press, New York USA.
- Caro, S. P., Charmantier, A., Lambrechts, M. M., Blondel, J., Balthazart, J. & Williams, T. D. 2009. Local adaptation of timing of reproduction: Females are in the driver's seat. – *Funct. Ecol.* 23: 172–179.
- Carrillo, J. & González-Dávila, E. 2010. Impact of weather on breeding success of the eurasian kestrel *Falco tinnunculus* in a semi-arid Island habitat. – *Ardea* 98: 51-58.
- Catchpole, C. K. & Slater, P. J. B. 1995. *Bird song: biological themes and variations.* Cambridge University Press, Cambridge UK.

- Charmantier, A., McCleery, R. H., Cole, L. R., Perrins, C., Kruuk, L. E. B. & Sheldon, B.C. 2008. Adaptive phenotypic plasticity in response to climate change in a wild bird population. – *Science* 320: 800–803.
- Conway, C. J. & Martin, T. E. 2000. Evolution of passerine incubation behavior: influence of food, temperature, and nest predation. – *Evolution* 54: 670-685.
- Coppack, T. 2007. Experimental determination of the photoperiodic basis for geographic variation in avian seasonality. – *J. Ornithol.* 148: 459–467.
- Coppack, T., Pulido, F., Czisch, M., Auer, D. P. & Berthold, P. 2003. Photoperiodic response may facilitate adaptation to climatic change in long-distance migratory birds. *Proc. R. Soc. B.* 270: 43-46.
- Crick, H. Q. P. 2004. The impact of climate change on birds. – *Ibis* 146: 48–56.
- Crick, H. Q. P., Dudley, C., Glue, D. E. & Thomson, D. 1997. UK birds are laying eggs earlier. - *Nature* 388: 526.
- Crick, H. O. P. & Sparks, T. H. 1999. Climate change related to egg-laying trends. – *Nature* 399: 423-424.
- Dinsmore, S. J. & Dinsmore, J. J. 2007. Modeling avian nest survival in program MARK. – *Stud. Avian Biol.* 34: 73-83.
- Dinsmore, S. J., White, G. C. & Knopf, F. L. 2002. Advanced techniques for modeling avian nest survival. – *Ecology* 83: 3476-3488.
- Duca, C. G. & Marini, M. Â. 2011. Variation in breeding of Shrike-like tanager in Brazil. – *Wilson Ornithol. J.* 123: 259-265.

- Duca, C. G., Yokomizo, H., Marini, M. Â. & Possingham, H. 2009. Cost-efficient conservation for the White-banded tanager (*Neothraupis fasciata*) in the Cerrado, central Brazil. – Biol. Conserv. 142: 563-574.
- Dugger, K. M., Faaborg, J., Arendt, W.A. & Hobson, K.A. 2004. Understanding survival and abundance of overwintering warblers: Does rainfall matter? – Condor. 106: 744-760.
- Dunn, P. O. 2004. Breeding dates and reproductive performance. – Adv. Ecol. Res. 35: 69–87.
- Dunn, P. O & Winkler, D. W. 1999. Climate change has affected the breeding date of Tree Swallows throughout North America. – Proc. R. Soc. B. 266: 2487-2490.
- Dunn, P.O. & Winkler, D.W. 2010. Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P. (eds), Effect of Climate Change on Birds. Oxford University Press, pp.113-129.
- Engstrand, S. M. & Bryant, D. M. 2002. A trade-off between clutch size and incubation efficiency in the Barn Swallow *Hirundo rustica*. – Funct. Ecol. 16: 782-791.
- Flockhart, D. T. T. & Wiebe, K. L. 2008. Variable weather patterns affect annual survival of northern flickers more than phenotype in the hybrid zone. – Condor 110: 701-708.
- Foster, M. 1974. Rain, feeding behavior and clutch size in tropical birds. – Auk 91: 722-726.

- Grant, T. A., Shaffer, T. L., Madden, E. M. & Pietz, P. J. 2005. Time-specific variation in passerine nest survival: New insights into old questions. – *Auk* 122: 661–672.
- Gressler, D. T. 2012. Razão sexual e sobrevivência em *Neothraupis fasciata*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília DF.
- Griebeler, E. M., Caprano, T. & Böhning-Gaese, K. 2010. Evolution of avian clutch size along latitude gradients: Do seasonality, nest predation or breeding season length matter? – *J. Evol. Biol.* 23: 888-901.
- Gwinner, E. 2003. Circannual rhythms in birds. – *Curr. Opin. Neurobiol.* 13: 770-778.
- Hau, M., Perfito, N. & Moore, I. T. 2008. Timing of breeding in tropical birds: mechanisms and evolutionary implications. – *Ornit. Neotrop.* 19: 39-59.
- Hawkins, B. A. & Agrawal, A. A. 2005. Latitudinal gradients. – *Ecology* 86: 2261-2262.
- Hüppop, O. & Hüppop, K. 2003. North Atlantic oscillation and the timing of spring migration in birds. – *Proc. R. Soc. B.* 270: 233-240.
- Husby, A., Kruuk, L.E.B. & Visser, M. 2009. Decline in the frequency and benefits of multiple brooding in great tits as a consequence of a changing environment – *Proc. Royal Soc. B* 276: 1845-1854.
- Hussell, D. J. T. 2003. Climate change, spring temperatures, and timing of breeding of Tree Swallows (*Tachycineta bicolor*) in southern Ontario. – *Auk* 120: 607-618.

- IPCC. 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Cambridge Univ. Press.
- IUCN. 2008. *Red List of Threatened Species*, < <http://www.iucnredlist.org>>.
- Järvinen, A. 1994. Global warming and egg size of birds. – *Ecography* 17: 108–110.
- Kitaysky, A. S. & Golubova, E. G. 2000. Climate change causes contrasting trends in reproductive performance of planktivorous and piscivorous alcids. – *J. Anim. Ecol.* 69: 248–262.
- Kokko, H. & López-Sepulcre, A. 2007. The ecogenetic link between demography and evolution: can we bridge the gap between theory and data? – *Ecol. Lett.* 10: 773–782.
- Lack, D. 1947. The significance of clutch size. – *Ibis* 89: 302-352.
- Lack, D. 1968. *Ecological adaptations for breeding in birds*. Chapman & Hall Press, London UK.
- Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert & Anderson, D. R. 1992. Modeling survival and testing biological hypothesis using marked animals: a unified approach with case studies. – *Ecol. Monogr.* 62: 67-118.
- Lehikoinen, A., Ranta, E., Pietiainen, H., Byholm, P., Saurola, P., Valkama, J., Huitu, O., Henttonen, H. & Korpimäki, E. 2010. The impact of climate and cyclic food abundance on the timing of breeding and brood size in four boreal owl species. – *Oecologia* 165: 349-355.
- Leitner, S., Hof, T. J. V. & Gahr, M. 2003. Flexible reproduction in Wild Canaries is independent of photoperiod. – *Gen. Comp. Endocrinol.* 130: 102-108.

- Lopes, L. E. 2008. The range of the curl-crested jay: lessons for evaluating bird endemism in the South American Cerrado. – *Diversity and Distribution*. 14: 561–568.
- Love, O. P., Gilchrist, G. H., Descamps, S., Semeniuk, C. A. D. & Bêty, J. 2010. Pre-laying climatic cues can time reproduction to optimally match offspring hatching and ice conditions in an Arctic marine bird. – *Oecologia* 164: 227-286.
- Lovejoy, T. E. & Hannah, L. 2005. *Climate change and biodiversity*. Yale University Press, New Haven CT.
- Major, R. E., Pyke, G. H., Christy, M. T., Gownig, G. & Hill, R. S. 1994. Can nest predation explain the timing of the breeding-season and the pattern of nest dispersion of New Holland Honeyeaters? – *Oikos* 69: 364-372.
- Manica, L. T. & Marini, M. Â. 2012. Helpers at the nest of White-banded Tanager *Neothraupis fasciata* benefit male breeders but do not increase reproductive success. – *J. Ornithol.* 153: 149-159.
- Marini, M. Â., Barbet-Massin, M., Lopes, L. E. & Jiguet, F. 2009. Predicted climate-driven bird distribution changes and forecasted conservation conflicts in a Neotropical savanna. – *Conserv. Biol.* 23: 1558-1567.
- Marini, M. Â. & Durães, R. 2001. Annual patterns of molt and reproduction activity of passerines in South Brazil. – *Condor* 103: 767-775.
- Marra, P. P., Francis, C. M., Mulvihill, R. S. & Moore, F. R. 2005. The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration. – *Oecologia* 142: 307–315.

- Matthysen, E., Adriaensen, F. & Dhondt, A. A. 2011. Multiple responses to increasing spring temperatures in the breeding cycle of blue and great tits (*Cyanistes caeruleus*, *Parus major*). – Glob. Change Biol. 17: 1-16.
- Mattsson, B. J. & Cooper, R. J. 2009. Multiscale analysis of the effects of rainfall extremes on reproduction by an obligate riparian bird in urban and rural landscapes. – Auk 126: 64-76.
- Mazerolle, D. F., Spencer, G. S. & Hobson, K. A. 2011. Interannual flexibility in breeding phenology of a Neotropical migrant songbird in response to weather conditions at Breeding and wintering areas. – Ecoscience 18: 18-25.
- McCullag, P. & Nelder, J. A. 1989. Generalized linear models. Chapman and Hall/CRC Press, London UK, pp. 98-236.
- McKechnie, A. E. & Wolf, B. O. 2010. Climate change increases the likelihood of catastrophic avian mortality events during extreme heat waves. – Biol. Lett. 6: 253–256.
- Mezquida, E. T. 2002. Nidificación de ocho especies de Tyrannidae em la Reserva de Ñacuñán, Mendoza, Argentina. – Hornero 17: 31-40.
- Møller, A. P. 2008. Climate change and micro-geographic variation in laying date. – Oecologia 155: 845-857.
- Monaghan, P. & Nager, R. G. 1997. Why don't birds lay more eggs? – Trends Ecol. Evol. 12: 270-274.

- Moore, I. T., Bentley, G. E., Wotus, C. & Wingfield, J. C. 2006. Photoperiod-independent changes in immunoreactive brain gonadotropin-releasing hormone (GnRH) in a free-living, tropical bird. – *Brain Behav. Evol.* 68: 37-44.
- Morrison, J. L., Pias, K. E., Cohen, J. B. & Catlin, D. H. 2009. Environmental correlates of breeding in the crested caracara (*Caracara cheriway*). – *Auk* 126: 755-764.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. – *Nature* 403: 853–858.
- Nimer, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Brazilian Institute of Geography and Statistics Press, Rio de Janeiro RJ.
- Nott, M. P., Desante, D. F., Siegel, R. B. & Pyle, P. 2002. Influences of the El Niño/Southern Oscillation and the North Atlantic Oscillation on avian productivity in forests of the Pacific north-west of North America. – *Glob. Ecol. Biogeogr.* 11: 333–342.
- Nussey, D. H., Postma, E., Gienapp, P. & Visser, M. E. 2005. Selection on heritable phenotypic plasticity in a wild bird population. – *Science* 310: 304–306.
- Paiva, L. V. 2008. Fatores que determinam o período reprodutivo de *Elaenia chiriquensis* (Aves: Tyrannidae) no cerrado do Brasil central. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília DF.
- Parmesan, C. 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. – *Glob. Change Biol.* 13: 1860–1872.

- Pereira, Z. P. 2011. Influência dos recursos alimentares sobre a reprodução de *Neothraupis fasciata* (Aves, Thraupidae). Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília DF.
- Preston, K. L. & Rotenberry, J. T. 2006. The role of food, nest predation, and climate in timing of Wrentit reproductive activities. – *Condor* 108: 832-841.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, New York, pp. 58-110.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. - R Foundation for Stat. Comput., Vienna, Austria.
- Reid, J. M., Monaghan, P. & Ruxton, G. D. 2000. The consequences of clutch size for incubation conditions and hatching success in starlings. – *Funct. Ecol.* 14:560-565.
- Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. - In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.), Cerrado: ambiente e flora. Embrapa Press, Planaltina DF. pp. 89-166.
- Ricklefs, R. E. 1980. Geographical variation in clutch size among passerine birds: Ashmole's hypothesis. – *Auk* 97: 38-49.
- Ridgely, R. S. & Tudor, G. 1994. The birds of South America: the Suboscines Passerines. University of Texas Press, Austin.
- Robinson, S. K., Robinson, W. D. & Edwards, C. 2000a. Breeding ecology and nest-site selection of Songs Wrens in Central Panama. – *Auk* 117: 345-354.

- Robinson, W. D., Robinson, T. R., Robinson, S. K. & Brawn, J.D. 2000b. Nesting success of understory forest birds in central Panama. – *J. Avian Biol.* 31: 151-164.
- Roper, J. J. 2005. Try and try again: nest predation favors persistence in a neotropical bird. – *Ornit. Neotrop.* 16: 253-262.
- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q. G., Casassa, G., Menzel, A., Root, T. L., Estrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., Liu, C. Z., Rawlins, S. & Imeson, A. 2008. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. – *Nature* 453: 320–353.
- Rotella, J. J. 2007. Nest survival models. In: Cooch, E & White, G. C. (eds), Program MARK: a gentle introduction, <<http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/>>.
- Rotella, J. J., Dinsmore, S. J. & Shaffer, T. L. 2004. Modeling nest-survival: a comparison of recently developed methods that can be implemented in MARK and SAS. – *Anim. Biodiv. Conserv.* 27: 187-205.
- Saether, B. E., Sutherland, W. J. & Engen, S. 2004. Climate influences on avian population dynamics. – *Adv. Ecol. Res.* 35: 185–209.
- Sanz, J. J. 2002. Climate change and breeding parameters of great and blue tits throughout the western Palearctic. – *Glob. Change Biol.* 8: 409–422.
- Sanz, J. J., Potti, J., Moreno, J., Merino, S. & Frías, O. 2003. Climate change and fitness components of a migratory bird breeding in the Mediterranean region. – *Glob. Change Biol.* 9: 461–472.

- Salvante, K. G., Walzem, R. L. & Williams, T. D. 2007. What comes first, the zebra finch or the egg: temperature-dependent reproductive, physiological and behavioural plasticity in egg-laying zebra finches. – *J. Exp. Biol.* 210: 1325-1334.
- Schneider, N., Griesser, M., 2009. Influence and value of different water regimes on avian species richness in arid inland Australia - *Biodiversity and Conservation* 18: 457–471.
- Sekercioglu, Ç. H. 2010a Partial migration in tropical birds: the frontier of movement ecology. – *J. Animal Ecol.* 79: 933–936.
- Sekercioglu, Ç. H., Primack, R. B. & Wormworth, J. 2012. The effects of climate change on tropical birds. – *Biol. Conserv.* no prelo <doi:10.106/j.biocon.2011.10.019>.
- Sillett, T. S., Holmes, R. T. & Sherry, T. W. 2000. Impacts of global climate cycle on population dynamics of a migratory songbird. – *Science* 228: 2040–2041.
- 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*. Embrapa Press, Brasília DF, pp. 69-87.
- Silva Jr, M. C. & Felfili, J. M. 1996. *A vegetação da Estação Ecológica de Águas Emendadas*. IEMA Press, Brasília DF.
- Skutch, A. F. 1950. The nesting seasons of Central American birds in relation to climate and food supply. – *Ibis* 92: 185-222.

- Skutch, A. F. 1985. Clutch size, nesting success, and predation on nests of neotropical birds, reviewed. – *Ornith. Monogr.* 36: 575-593.
- Slagsvold, T. 1982. Clutch size variation in passerine birds: the nest predation hypothesis. – *Oecologia* 54: 159-169.
- Souza, N. O. M. & Marini, M. Â. Negative trade off between current reproduction effort and reproductive success: an experiment with clutch size in a tropical bird population. – *Emu no prelo*.
- Steinke, E. T. Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília DF.
- Strahler, Arthur N. 1986. *Geografía física*. Wiley Press, New Jersey NY, pp. 45-90.
- Strode, P. K. 2003. Implications of climate change for North American wood warblers (Parulidae). – *Glob. Change Biol.* 9: 1137–1144.
- Stugger, K. M., Faaborg, J., Arendt, W. J. & Hobson, K. A. 2004. Understanding survival and abundance of overwintering warblers: does rainfall matter? – *Condor* 106: 744-760.
- Stutchbury, B. J. M. & Morton, E. S. 2001. *Behavioral ecology of tropical birds*. Academic Press, San Diego CA, pp. 28-60.
- Styrsky J. D., Berthold P. & Robinson W. D. 2004. Endogenous control of migration and calendar effects in an intratropical migrant, the Yellow-green Vireo. – *Anim. Behav.* 67: 1141-1149.

- Tarof, S. A., Kramer, P. A., Hill III, J. R., Tautin, J. & Bridget, J. M. 2011. Sex and age-specific annual survival in a Neotropical migratory songbird, the purple martin (*Progne subis*) – *Auk* 128: 716-725.
- Thomas, D.W., Bourgault, P., Shipley, B., Perret, P. & Blondel, J. 2010. Context-dependent changes in the weighting of environmental cues that initiate breeding in a temperate passerine, the Corsican blue tit (*Cyanistes caeruleus*). – *Auk* 127: 129-139.
- Thompson, P. M. & Ollason, J. C. 2001. Lagged effects of ocean climate change on fulmar population dynamics. – *Nature* 413: 417–420.
- Tilman, D. 1996. Population versus ecosystem stability. – *Ecology* 77: 350-363.
- Tscharntke, T., Sekercioglu, Ç. H., Dietsch, T. V., Sodhi, N. S., Hoehn, P. & Tylianakis, J. M. 2008. Landscape constraints on functional diversity of birds and insects in tropical agroecosystems. – *Ecology* 89: 944–951.
- Tye, H. 1991. Reversal of breeding season by lowland birds at higher altitudes in western Cameroon. – *Ibis* 134: 154-163.
- Verhulst, S. & Nilsson, J. A. 2008. The timing of bird's breeding seasons: A review of experiments that manipulated timing of breeding. – *Phil. T. Roy. Soc. B.* 363: 399–410.
- Visser, M. E. 2008. Keeping up with a warming world: assessing the rate of adaptation to climate change. – *Proc. R. Soc. B.* 275: 649–659.

- Visser, M. E., Adriaensen, F., Van Balen, J. H., Blondel, J., Dhondt, A. A., Dongen, S. V., Feu, C. D., Ivankina, E. V., Kerimov, A. B., Laet, J. D., Matthysen, E., McCleery, R., Orell, M. & Thomson, D. L. 2003. Variable responses to large-scale climate change in European *Parus* populations. – Proc. R. Soc. B. 270: 367-372.
- Visser, M. E., Holleman, L. J. M., Caro, S.P. 2009. Temperature has a causal effect on avian timing of reproduction. Proc.R. Soc. B. 276: 2323–2331.
- Visser, M. E., Noordwijk, J. V., Tinbergen, J. M. & Lessells, C. M. 1998. Warmer springs lead to mistimed reproduction in Great Tits (*Parus major*). – Proc. R. Soc. B. 265: 1867-1870.
- White, G. C. & Burnham, K. P. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. – Bird Study 46: 120-139.
- Wikelski, M., Hau, M. & Wingfield, J. C. 2000. Seasonality of reproduction in a neotropical rainforest bird. – Ecology 81: 2458-2472.
- Wikelski, M., Tarlow, E. M., Raim, A., Diehl, R. H., Larkin, R. P. & Visser, G. H. 2003. Costs of migration in free-flying songbirds. – Nature 423: 704.
- Wilson, S., Martin, K. & Hannon, S. J. 2007. Nest survival patterns in willow ptarmigan: influence of time, nesting stage, and female characteristics. – Condor 109: 377-388.
- Wilson, F. M. & Thompson, J. N. 1982. Phenology and ecology of color in bird-dispersed fruit, or why some fruits are red when they are green. – Can. J. Bot. 60: 701-713.

- Winkel, W. & Hudde, H. 1997. Long-term trends in reproductive traits of tits (*Parus major*, *P. caeruleus*) and Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca*. – J. Avian Biol. 28: 187–190.
- Winkler, D. W., Dunn, P. O. & McCulloch, C. E. 2002. Predicting the effects of climate change on avian life-history traits. – Proc. Natl. Acad. Sci. USA 99: 13595–13599.
- Wunderle Jr, J. M. 1982. The timing of the breeding season in the Bananaquit (*Coereba flaveola*) on the Island of Grenada, W. I. – Biotropica 14: 124-131.
- Zar, J. L. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall Press, Englewood Cliffs, pp. 350-357.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A. & Smith, G. M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Ed. Springer, New York. 578p.

APÊNDICE

Tabela 6. Resultados da seleção de modelos para a sobrevivência de ninhos de *Neothraupis fasciata*, feita em duas etapas. A primeira incluiu variáveis temporais e a segunda, os melhores modelos do primeiro ($\Delta AICc \leq 2$) combinados com as cinco variáveis climáticas e a idade.

Modelos	Nº de parâmetros	AICc	$\Delta AICc$	Peso AICc
Primeiro etapa				
S(.)	1	831.1923	0	0.43888
S(data)	2	831.3492	0.1569	0.40576
S(data ²)	3	833.3065	2.1142	0.15249
S(ano)	2	842.368	11.1757	0.00164
S(data+ano)	3	843.5809	12.3886	0.0009
S(data ² + ano)	4	845.5783	14.386	0.00033
Segunda etapa				
S(data+idade)	3	810.0776	0	0.14897
S(data+idade+Tmi7d)	4	811.3704	1.2928	0.07805
S(data+idade+Tmx7d)	4	811.7595	1.6819	0.06425
S(data+idade+Tmx90d)	4	811.7751	1.6975	0.06375
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d)	5	811.9224	1.8448	0.05922
S(data+idade+ppc7d)	4	812.0433	1.9657	0.05575
S(data+idade+ppc90d)	4	812.0817	2.0041	0.05469
S(data+idade+Tmx7d+Tmx90d)	5	812.7628	2.6852	0.0389
S(data+idade+Tmi7d+ppc7d)	5	813.2263	3.1487	0.03086
S(data+idade+Tmi7d+ppc90d)	5	813.2318	3.1542	0.03077
S(data+idade+Tmi7d+Tmx90d)	5	813.3545	3.2769	0.02894
S(data+idade+Tmx90d+ppc90d)	5	813.3564	3.2788	0.02891
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d+Tmx90d)	6	813.5611	3.4835	0.0261
S(data+idade+Tmx7d+ppc90d)	5	813.6059	3.5283	0.02552
S(data+idade+ppc7d+Tmx90d)	5	813.6941	3.6165	0.02442
S(data+idade+Tmx7d+ppc7d)	5	813.7608	3.6832	0.02362
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc90d)	6	813.8198	3.7422	0.02293

Continua..

Continuação..

Modelos	Nº de parâmetros	AICc	Δ AICc	Peso AICc
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d)	6	813.9113	3.8337	0.02191
S(data+idade+ppc7d+ppc90d)	5	814.0493	3.9717	0.02045
S(data+idade+Tmx7d+Tmx90d+ppc90d)	6	814.7109	4.6333	0.01469
S(data+idade+Tmx7d+ppc7d+Tmx90d)	6	814.737	4.6594	0.0145
S(data+idade+Tmi7d+Tmx90d+ppc90d)	6	814.9333	4.8557	0.01314
S(data+idade+Tmi7d+ppc7d+ppc90d)	6	815.1697	5.0921	0.01168
S(data+idade+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d)	6	815.2037	5.1261	0.01148
S(data+idade+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	6	815.3656	5.288	0.01059
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d)	7	815.5292	5.4516	0.00976
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d+Tmx90d+ppc90d)	7	815.5696	5.492	0.00956
S(data+idade+Tmx7d+ppc7d+ppc90d)	6	815.6151	5.5375	0.00935
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+ppc90d)	7	815.8232	5.7456	0.00842
S(data+idade+Tmx7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	7	816.6455	6.5679	0.00558
S(data+idade+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	7	816.9297	6.8521	0.00484
S(data+idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	8	817.5278	7.4502	0.00359
S(data+Tmx90d+ppc90d)	4	824.8352	14.7576	0.00009
S(data+Tmi7d+Tmx90d+ppc90d)	5	826.3397	16.2621	0.00004
S(data+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	5	826.55	16.4724	0.00004
S(data+Tmx7d+Tmx90d+ppc90d)	5	826.6577	16.5801	0.00004
S(data+Tmx7d+Tmi7d+Tmx90d+ppc90d)	6	827.7621	17.6845	0.00002
S(data+Tmx7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	6	828.1243	18.0467	0.00002
S(data+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	6	828.1646	18.087	0.00002
S(data+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	7	829.2849	19.2073	0.00001
S(data+Tmi7d+ppc90d)	4	830.0665	19.9889	0.00001
S(data+Tmx7d+Tmx90d)	4	830.5966	20.519	0.00001
S(data+Tmx7d+Tmi7d+Tmx90d)	5	830.6621	20.5845	0.00001
S(data+Tmx7d+Tmi7d)	4	830.6937	20.6161	0
S(.)	1	831.1923	21.1147	0

Continua..

Continuação..

Modelos	Nº de parâmetros	AICc	Δ AICc	Peso AICc
S(data)	2	831.3492	21.2716	0
S(data+Tmx90d)	3	831.3568	21.2792	0
S(data+Tmx7d+Tmi7d+ppc90d)	5	831.4386	21.361	0
S(data+Tmi7d)	3	831.5242	21.4466	0
S(data+ppc90d)	3	831.6967	21.6191	0
S(data+Tmi7d+ppc7d+ppc90d)	5	832.0253	21.9477	0
S(Tmi7d)	2	832.2234	22.1458	0
S(data+Tmx7d+ppc7d+Tmx90d)	5	832.6038	22.5262	0
S(data+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d)	6	832.6713	22.5937	0
S(data+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d)	5	832.6728	22.5952	0
S(data+ppc7d+Tmx90d)	4	832.6774	22.5998	0
S(data+Tmi7d+ppc7d)	4	832.6982	22.6206	0
S(data+Tmx7d)	3	832.8186	22.741	0
S(data+Tmi7d+Tmx90d)	4	832.8348	22.7572	0
S(data+ppc7d)	3	832.9751	22.8975	0
S(Tmx7d)	2	833.0787	23.0011	0
S(Tmx90d)	2	833.1514	23.0738	0
S(ppc90d)	2	833.1616	23.084	0
S(ppc7d)	2	833.1737	23.0961	0
S(idade)	2	833.1897	23.1121	0
S(data+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+ppc90d)	6	833.4472	23.3696	0
S(Tmx7d+Tmi7d)	3	833.5791	23.5015	0
S(data+Tmx7d+ppc90d)	4	833.6959	23.6183	0
S(data+ppc7d+ppc90d)	4	833.6979	23.6203	0
S(data+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d)	5	833.9539	23.8763	0
S(Tmi7d+Tmx90d)	3	834.071	23.9934	0

Continua..

Continuação..

Modelos	Nº de parâmetros	AICc	Δ AICc	Peso AICc
S(Tmi7d+ppc90d)	3	834.161	24.0834	0
S(Tmi7d+ppc7d)	3	834.1755	24.0979	0
S(idade+Tmi7d)	3	834.1839	24.1063	0
S(data+Tmx7d+ppc7d)	4	834.7408	24.6632	0
S(Tmx7d+Tmx90d)	3	835.0044	24.9268	0
S(Tmx7d+ppc90d)	3	835.0817	25.0041	0
S(Tmx7d+ppc7d)	3	835.0819	25.0043	0
S(idade+Tmx7d)	3	835.0833	25.0057	0
S(Tmx90d+ppc90d)	3	835.1252	25.0476	0
S(ppc7d+Tmx90d)	3	835.1406	25.063	0
S(idade+Tmx90d)	3	835.1476	25.07	0
S(ppc7d+ppc90d)	3	835.1626	25.085	0
S(idade+ppc90d)	3	835.1635	25.0859	0
S(idade+ppc7d)	3	835.1775	25.0999	0
S(idade+Tmx7d+Tmi7d)	4	835.2202	25.1426	0
S(Tmx7d+Tmi7d+Tmx90d)	4	835.3897	25.3121	0
S(Tmx7d+Tmi7d+ppc90d)	4	835.4534	25.3758	0
S(Tmx7d+Tmi7d+ppc7d)	4	835.528	25.4504	0
S(data+Tmx7d+ppc7d+ppc90d)	5	835.693	25.6154	0
S(idade+Tmi7d+ppc90d)	4	835.8645	25.7869	0
S(Tmi7d+ppc7d+Tmx90d)	4	835.9743	25.8967	0
S(Tmi7d+Tmx90d+ppc90d)	4	835.9819	25.9043	0
S(idade+Tmi7d+Tmx90d)	4	836.0724	25.9948	0
S(idade+Tmi7d+ppc7d)	4	836.0792	26.0016	0
S(Tmi7d+ppc7d+ppc90d)	4	836.1549	26.0773	0
S(idade+Tmx7d+Tmx90d)	4	836.8901	26.8125	0
S(idade+Tmx90d+ppc90d)	4	836.9388	26.8612	0
S(Tmx7d+ppc7d+Tmx90d)	4	836.9977	26.9201	0

Continua..

Continuação..

Modelos	Nº de parâmetros	AICc	Δ AICc	Peso AICc
S(Tmx7d+Tmx90d+ppc90d)	4	837.0001	26.9225	0
S(Tmx7d+ppc7d+ppc90d)	4	837.0872	27.0096	0
S(idade+Tmx7d+ppc90d)	4	837.0874	27.0098	0
S(idade+Tmx7d+ppc7d)	4	837.0881	27.0105	0
S(idade+ppc7d+Tmx90d)	4	837.1264	27.0488	0
S(ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	4	837.1299	27.0523	0
S(idade+ppc7d+ppc90d)	4	837.166	27.0884	0
S(idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d)	5	837.2125	27.1349	0
S(idade+Tmx7d+Tmi7d+Tmx90d)	5	837.2274	27.1498	0
S(idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc90d)	5	837.2277	27.1501	0
S(Tmx7d+Tmi7d+Tmx90d+ppc90d)	5	837.2975	27.2199	0
S(Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d)	5	837.3756	27.298	0
S(Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+ppc90d)	5	837.4383	27.3607	0
S(idade+Tmi7d+ppc7d+ppc90d)	5	837.8572	27.7796	0
S(idade+Tmi7d+Tmx90d+ppc90d)	5	837.871	27.7934	0
S(Tmi7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	5	837.9535	27.8759	0
S(idade+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d)	5	837.9808	27.9032	0
S(idade+Tmx7d+Tmx90d+ppc90d)	5	838.8313	28.7537	0
S(idade+Tmx7d+ppc7d+Tmx90d)	5	838.8895	28.8119	0
S(idade+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	5	838.9439	28.8663	0
S(Tmx7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	5	838.9995	28.9219	0
S(idade+Tmx7d+ppc7d+ppc90d)	5	839.0942	29.0166	0
S(idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+ppc90d)	6	839.2202	29.1426	0
S(idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d)	6	839.2217	29.1441	0
S(idade+Tmx7d+Tmi7d+Tmx90d+ppc90d)	6	839.2367	29.1591	0
S(Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	6	839.3013	29.2237	0

Continua..

Continuação..

Modelos	Nº de parâmetros	AICc	Δ AICc	Peso AICc
S(idade+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	6	839.8665	29.7889	0
S(idade+Tmx7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	6	840.809	30.7314	0
S(idade+Tmx7d+Tmi7d+ppc7d+Tmx90d+ppc90d)	7	841.2307	31.1531	0

Nota: os modelos são ranqueados com base no Critério de Informação Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc). Os modelos incluem a variável temporal data (padrão temporal linear ao longo da estação), além das variáveis climáticas (Temperatura máxima anterior a 7 dias - Tmx7d; Temperatura mínima - Tmi7d e Precipitação acumulada - Ppc7d, dos 7 dias anteriores; Temperatura máxima dos 90 dias anteriores - Tmx90d; Precipitação acumulada dos 90 dias anteriores - Ppc90d). S(.) é um modelo com taxa de sobrevivência diária constante.